# Die beleuchtung von eisenbahn-pe...

Max Büttner


SIGILLVM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV ANG
CHRISTO ET ECCLESIAE
VE RI TAS



# Die Beleuchtung

von

# Eisenbahn-Personenwagen

mit besonderer Berücksichtigung

der

# Elektricität.

Von

**Dr. Max Büttner.**

---

*Mit 60 in den Text gedruckten Figuren.*

**Berlin.**
Julius Springer.

1901.

**München.**
R. Oldenbourg.



# Inhaltsverzeichniss.

# Vorwort.

Vorliegendes Buch soll einen Ueberblick gewähren über den heutigen Stand der Beleuchtung von Eisenbahnwagen. Es ist nur natürlich, dass am eingehendsten die elektrische Beleuchtung behandelt worden ist, nicht nur, weil die Art und Weise ihrer Anordnung für diesen Zweck eine sehr mannigfaltige ist, sondern auch, weil derselben gegenwärtig grosses Interesse in der Oeffentlichkeit entgegengebracht wird. Anlässlich des beklagenswerthen Eisenbahnunglücks zu Offenbach a. M. ist die Frage der Eisenbahn-Beleuchtung Gegenstand lebhafter öffentlicher Besprechung in den Zeitungen, in technischen Vereinen, im Landtage und im Reichstage geworden. Es hat sich dabei gezeigt, dass der Wunsch, in den Zügen elektrische Beleuchtung zu haben, im Publikum ein so allgemeiner ist, dass die Bahnverwaltungen demselben mehr oder weniger Rechnung zu tragen sich veranlasst sehen. Es erscheint deshalb wünschenswerth, speciell über diesen Gegenstand eine zusammenfassende eingehende Darstellung zu geben, da die bisher erschienenen Abhandlungen nicht leicht zugänglich und in ihrer kurzen Fassung einen vollständigen Ueberblick über dies Gebiet der Technik nicht zu geben vermögen.

Für die mir von vielen Verwaltungen in liebenswürdiger Weise überlassenen Unterlagen sage ich auch an dieser Stelle besten Dank.

Berlin, Ostern 1901.

Dr. Max Büttner.

# Einleitung.

Die grossartige Steigerung des Verkehrs in allen Kulturländern, besonders in den letzten Jahrzehnten, stellt immer grössere Ansprüche an die Eisenbahnen, welche hauptsächlich zur Bewältigung desselben dienen. Die Eisenbahngesellschaften sind gezwungen, alles aufzubieten, um dem Publikum das Reisen zu erleichtern. Die Geschwindigkeit der Züge wird erhöht, die Gelegenheiten zur Beförderung werden vermehrt und die Ausstattung der Wagen immer mehr und mehr verbessert, um die Unannehmlichkeiten des Reisens möglichst zu vermindern.

Besonders wichtig erscheint für den Reisenden eine gute und ausreichende Beleuchtung der Wagen, welche es ermöglicht, im Wagen zu lesen. Wohl alle diejenigen Reisenden, welche lange Abende oder Nächte beruflich im Eisenbahnwagen zubringen, wollen lesen; viele derselben sind sogar zur rechtzeitigen Abwicklung ihrer Geschäfte dazu gezwungen.

Es ist deshalb erklärlich, wenn im Publikum die Forderung nach einer Verbesserung der bestehenden Beleuchtungseinrichtungen immer von neuem erhoben wird, und die meisten der bedeutenderen Eisenbahnverwaltungen bringen infolgedessen dieser Frage ein lebhaftes Interesse entgegen.

Die Schaffung einer den jetzigen Ansprüchen genügenden Beleuchtung bot noch bis in die neueste Zeit ganz besondere Schwierigkeiten; die Beleuchtungssysteme, welche für stationäre Anlagen allen Anforderungen entsprechen, Gas oder elektrisches Licht, konnten nicht so ohne weiteres für die Beleuchtung von Personenwagen Verwendung finden, sondern bedurften hierzu besonderer Abänderungen, um sie den eigenartigen Anforderungen anzupassen. Man findet deshalb noch vielfach Kerzen-, Oel- oder Petroleum-Beleuchtung für diesen Zweck in Benutzung; letztere beiden sogar noch in recht bedeutendem Umfange. Doch ist es sicher, dass diese immer mehr den vollkommeneren weichen und schliesslich nur bei Nebenbahnen mit geringem Verkehr oder als Nothbeleuchtung Verwendung finden werden.

Die ersten Eisenbahnen hatten keine Einrichtung für die Beleuchtung der Wagen. Die Züge besassen lediglich vorn an der Lokomotive und am letzten Wagen des Zuges Signallampen. Erst verhältnissmässig spät ist die Beleuchtung auch in die Wagen selbst eingeführt worden. Die älteste Beleuchtung scheint auf der Dresden-Leipziger Bahn im Jahre 1836 eingeführt worden zu sein und zwar mittels Kerzen.

In Preussen wurde durch Erlass des Königs die Einführung einer Wagenbeleuchtung angeordnet. Dieser Erlass rührt vom 11. November 1844 her und lautet:

»Des Königs Majestät halten es der Sicherheit und des Anstandes wegen für wünschenswerth, dass die Eisenbahnwagen während der nächtlichen Züge erleuchtet werden.«

Dieser Erlass war nicht vor Mitte 1846 allgemein durchgeführt, da die meisten Eisenbahnen erst durch Androhungen von Geldstrafen gezwungen werden mussten, sich den Anforderungen zu fügen.[1])

Die ursprüngliche Kerzenbeleuchtung wurde bald durch die Oelbeleuchtung zum grössten Theil verdrängt. Letztere herrschte in Europa sehr lange fast ausschliesslich vor. Viel später kam die Petroleumbeleuchtung auf. Anfang der siebziger Jahre wurden die ersten Wagen mit Gasbeleuchtung nach System Pintsch versehen.

Die Fortschritte der Beleuchtungstechnik, die Verbesserung des Gases durch Anwendung von Intensivlampen, von Auerbrennern etc., die Einführung des elektrischen Lichtes in die Wohnungen, auf den Strassen und Plätzen, hatte das Publikum immer mehr an eine helle Beleuchtung gewöhnt, und die Forderung, auch in den Eisenbahnwagen ausreichendes Licht zu erhalten, trat immer entschiedener auf. Dieser Forderung mussten die Bahnverwaltungen nachkommen. Da die elektrische Beleuchtung für Eisenbahnwagen besondere Schwierigkeiten bot, so fasste auf diesem Gebiete die Gasbeleuchtung immer mehr Fuss und erhielt mit der Zeit eine sehr grosse Verbreitung. Erst im letzten Jahrzehnt hat die elektrische Beleuchtung für Bahnwagen umfangreiche Anwendung gefunden und ist mit der Gasbeleuchtung in ernsten Wettbewerb getreten.

Die Wagenbeleuchtung hat demnach ungefähr den gleichen Entwicklungsgang genommen wie die Beleuchtung von Wohnhäusern, nur mit dem Unterschied, dass jedes System erst viel später als dort zur Geltung gelangt ist.

---

[1]) Techn. Rundschau des Berliner Tageblattes 12. Dezember 1900.

# I. Kapitel.

## Die Beleuchtung mit Kerzen, Oel und Petroleum.

Die Kerzenbeleuchtung ist die älteste Eisenbahnwagen-Beleuchtung. Dieselbe ist in Europa bald durch die bessere Oelbeleuchtung verdrängt worden und hat sich in Deutschland nur auf einigen wenigen Bahnen erhalten, so z. B. auf der Ostpreussischen Südbahn, welche jedoch jetzt elektrische Beleuchtung einführt, und theilweise auf den Oldenburgischen und Württembergischen Staatsbahnen; am verbreitetsten ist dieselbe wohl auf den Russischen Bahnen. Auf der Weltausstellung in Paris 1900 war nur ein mit Kerzen beleuchteter Wagen ausgestellt und zwar von der Moskau-Kasan-Bahn. Es finden für die Beleuchtung Paraffin- und Stearin-Kerzen Verwendung. Die Leuchtkraft der Flammen ist eine sehr geringe, die Kosten der Kerzen sind ziemlich hoch; die Anschaffungskosten der Beleuchtungseinrichtung und die Bedienungskosten sind jedoch gering.

Die Ausführung eines Kerzenhalters, wie er bei der Ostpreussischen Südbahn in Gebrauch ist, geht aus Fig. 1 hervor. Eine Schraubenfeder drückt die abbrennende Kerze stets gegen das obere kegelförmige Ende der Blechhülse, so dass hierdurch ein selbstthätiges Nachschieben der Kerze mit dem Abbrand erfolgt. —

Die Beleuchtung mit vegetabilischem Oel war bis zum Auftreten der Gasbeleuchtung bei den europäischen Eisenbahnen die wichtigste und verbreitetste, und auch jetzt bedienen sich noch viele Verwaltungen dieser Beleuchtungsart. Nur in Amerika, Russland und der Schweiz wird gegenwärtig kein vegetabilisches Oel benutzt.

Verwendet wird fast ausschliesslich Rüböl, in Spanien auch Olivenöl mit 5—10 % Petroleumzusatz, in Ostindien Ricinusöl.

Das Oel muss gut raffinirt, durchaus rein und völlig neutral sein; es muss eine ruhige, nicht russende Flamme geben. Vielfach setzt man dem Oel im Winter etwas Petroleum zu, um das Erstarren bei grosser Kälte zu verhindern.

Die Anordnung der Lampen ist fast überall die gleiche. In der Wagendecke sind Oeffnungen vorgesehen, durch welche die Lampen vom Wagendache aus eingesetzt und behufs Reinigung und Neufüllung wieder entfernt werden können. Die Lampe besteht aus einem Oelbehälter, von welchem mittels eines Dochtes durch ein oder zwei Rohre das Oel zum Brenner geführt wird. Oberhalb des Brenners ist ein Reflektor angeordnet. Die Zuführung frischer und die Abführung gebrauchter Luft erfolgt durch den auf dem Blechgehäuse befindlichen Schornstein, welcher zum Schutze gegen das Eindringen von Regenwasser mit einer Kappe versehen ist. Die zugeführte Luft wird auf ihrem Wege mehrfach abgelenkt; es soll dadurch verhindert werden, dass die Flamme durch zu starken Luftzug flackert oder event. verlöscht.

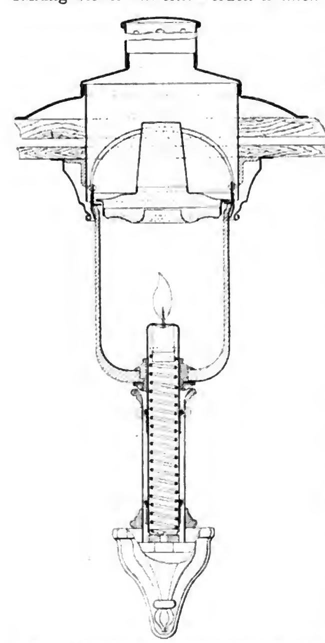


Fig. 1. Kerzenhalter der Ostpreufsischen Südbahn.

Ursprünglich sind nur Flachbrenner in Anwendung gekommen. Später sind dieselben durch die Rundbrenner, bei welchen die Verbrennung durch bessere Luftzuführung vollkommener, die Flamme heisser und leuchtender ist, grösstentheils verdrängt worden. Am verbreitetsten sind die Lampen mit Rundbrenner von Lafaurie & Potel, siehe Fig. 2, sowie besonders in Deutschland die Argandbrenner. Letztere besitzen stets einen Glascylinder, während bei ersteren ein solcher nicht erforderlich ist. Die Lampen System Lafaurie & Potel besitzen keine Regulirvorrichtung für den Docht. Der Oelbehälter der meisten Lampen befindet sich theils oberhalb des Brenners in einem ringförmigen Gefässe wie bei Lafaurie & Potel, theils unterhalb desselben.

Bei ersteren ist es durchaus erforderlich, den Behälter stets vollständig mit Oel zu füllen, damit sich oberhalb des Oeles keine Luft befindet. Diese würde sich durch die Erwärmung während des Brennens ausdehnen und das Oel zu schnell durch den Brenner drängen.

Die Leuchtkraft für Flachbrenner beträgt 2—4 HK, für die Rundbrenner Lafaurie & Potel 6—7 HK, für Argandbrenner 3—5 HK Der Oelverbrauch beträgt für Flachbrenner je nach der Dochtgrösse 10—22 gr pro Stunde. Der Oelvorrath ist meist für 12—25 Stunden ausreichend. Bei Lampen System Lafaurie & Potel mit einem Brennerdurchmesser von 16—20 mm ist der Oelverbrauch 20—30 gr pro Stunde. Der Oelvorrath reicht für 15—25 Stunden. Die Argandbrenner der Sächsischen Staatsbahnen haben einen Oelverbrauch von 37 gr und besitzen einen Vorrath für 12 Stunden. In England verwendet man meist Flachbrenner mit einem Docht von 30—35 mm Breite und einem Oelverbrauch von 25—30 gr pro Stunde.

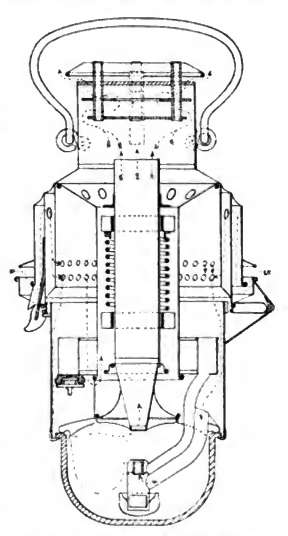


Fig. 2. Rundbrenner für Oel, System Lafaurie & Potel.

Die Reinigung und Füllung der Lampen geschieht auf bestimmten Bahnhöfen in besonderen Räumen. Diese Arbeiten müssen mit grosser Sorgfalt geschehen, wenn die Lampen gut brennen sollen. Im allgemeinen kann auf 50—60 Flachbrennerlampen ein Lampenputzer gerechnet werden, während ein solcher bei Rundbrennern nur 30—40 Lampen bedienen kann. Aus letzteren Angaben geht hervor, dass die Bedienung bei der Oelbeleuchtung in den Betriebskosten eine wesentliche Rolle spielt. Zudem ist die Arbeit eine unreinliche und unbequeme, und nur mit grosser Sorgfalt sind die Lampen in einem solchen Zustand zu erhalten, dass sie befriedigend funktioniren.

Bei Lampen mit Glascylindern kommt der Uebelstand noch hinzu, dass diese Cylinder sehr zerbrechlich sind und dass durch häufigen Bruch derselben die Betriebskosten nicht unwesentlich erhöht werden.

Ein weiterer Nachtheil besteht darin, dass die Leuchtkraft während des Brennens nicht konstant bleibt, sondern sehr schnell abnimmt, und dass leicht ein Russen des Dochtes eintritt. Ferner beschlägt sich das Glas der Lampen leicht mit Oel und vermindert hierdurch noch mehr die Helligkeit.

Dahingegen besitzt die Oelbeleuchtung eine Reihe von Vortheilen. Diese sind vor allem folgende:

Niedrige Kosten der Einrichtung,
geringes Gewicht derselben,
Unabhängigkeit jeder einzelnen Lampe von der anderen
und grosse Sicherheit gegen Feuersgefahr und Explosion.

Hierzu kommt noch der Vortheil, dass die Beleuchtung in dem Wagen leicht anzubringen ist und mithin auf allen Linien Verwendung finden kann.

Diese Vortheile machen es begreiflich, dass die Oelbeleuchtung eine sehr grosse Verbreitung besitzt. Auch auf denjenigen Bahnen, welche bereits eine bessere Beleuchtung eingeführt haben, sind Oellampen vielfach für die Nothbeleuchtung oder als Reserve in Anwendung. —

Die Beleuchtung mit Petroleum hat gleichfalls auf den Bahnen eine grosse Ausdehnung erlangt. Während jedoch in Europa wesentlich vegetabilisches Oel benutzt wird, findet diese Beleuchtungsart hauptsächlich in Amerika Verwendung.

Auf den europäischen Bahnen wird Petroleum meist für Signallampen benutzt, für Wagenbeleuchtung wird es hier nur auf den Schweizer Bahnen, auf der französischen Orleans-Bahn sowie auf russischen Bahnen verwendet. Nur in ganz kleinem Umfange ist dasselbe auf den Bayerischen und Württembergischen Staatsbahnen eingeführt. Auf den Preussischen Staatsbahnen ist das Petroleum zur Wagenbeleuchtung der Feuergefährlichkeit wegen verboten. Man verwendet sowohl amerikanisches als auch russisches Petroleum, benutzt jedoch nicht das gewöhnliche, im Haushalt gebräuchliche mit einem niedrigen Entflammungspunkt, sondern ein schweres Oel, dessen Entflammungspunkt meist nicht unter 110° liegt. In Amerika wird dieses bei der fraktionirten Destillation von Rohpetroleum erst bei entsprechend höherer Temperatur übergehende Produkt Mineral sperm oil genannt. Der Preisunterschied dieses Petroleums gegenüber dem gewöhnlichen ist nur ein geringer, die Lichtstärke jedoch die gleiche.

In früheren Zeiten wurde in Amerika auch Petroleum mit einem niedrigen Entflammungspunkt von 65° verwandt. Dieses ist jedoch infolge seiner Feuergefährlichkeit bald allgemein ausser Gebrauch gekommen. Nach Ansicht der Amerikaner ist das schwere Oel nicht

feuergefährlicher als das Rüböl. Die wesentlichste Gefahr für Eisenbahnwagen besteht darin, dass bei Zusammenstössen das brennende Oel herumgespritzt wird, und diese Gefahr ist bei beiden Brennstoffen die gleiche. Die Anforderungen, welche seitens amerikanischer Bahnen an das Petroleum für Bahnbeleuchtung gestellt werden, sind folgende:

1. Die Farbe muss wasserhell sein; gelbliche Färbung deutet auf theerige Substanzen, welche bei der Destillation mitgerissen sind und von welchen das Oel nicht genügend befreit worden ist. Diese würden den Docht bald unbrauchbar machen.

2. Das Petroleum soll nicht unter 110° entflammbare Gase entwickeln und erst bei 150° sich entzünden.

3. Das Aussehen darf nicht wolkig sein, und das Petroleum darf auch nicht wolkig oder undurchsichtig werden, wenn es 10 Minuten einer Temperatur von 0 Grad ausgesetzt wird.

4. Das spec. Gewicht soll zwischen 0,835—0,816 = 38—42° B. bei 15° C. betragen.

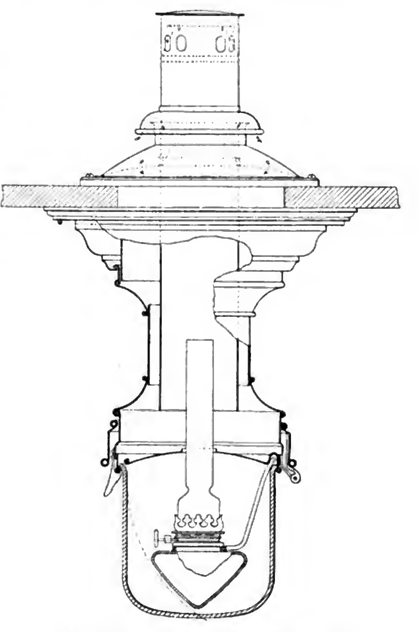


Fig. 3. Lampe für Dr. Lepenow'sches Sicherheitsöl.

Die Lampen sind Sauglampen. Der Behälter befindet sich unterhalb, seltener seitlich von dem Brenner. Bei der Konstruktion der Lampen wird auf gute Luftzuführung und Vorwärmung der Luft, feste Führung des Dochtes, möglichst kurzes Dochtrohr besonderer Werth gelegt. Meist finden Argandbrenner Verwendung.

Auf der französischen Orleans-Bahn ist eine eigenartige Lampenkonstruktion von Shallis & Thomas mit horizontaler Flamme und ringförmigem Petroleumbehälter in Gebrauch. Letzterer besitzt einen Vorrath von 400 gr und soll bei 18—20 gr Verbrauch pro Stunde eine Lichtstärke von 10 HK haben.

Die Nachtheile der Petroleumbeleuchtung sind dieselben wie die der Oelbeleuchtung: hohe Bedienungskosten, schwierige Reinigung und Instandhaltung. Die Vortheile gegenüber der Oelbeleuchtung sind: bessere Leuchtkraft sowie der Umstand, dass das Petroleum nicht so leicht gefriert wie das Oel.

Da das reine Petroleum auf den preussischen Bahnen für die Beleuchtung verboten ist, benutzt man auf Nebenbahnen vielfach das Dr. Lepenow'sche Sicherheitsöl. Dasselbe ist ein schweres Petroleum mit einem Zusatz von Rüböl und Kampfer. Es hat ein spec. Gewicht von 0,84 (36° B.) und eine röthliche Farbe. Die Lampe, Fig. 3, zeichnet sich durch besonders gute Ventilation und kurzes Dochtrohr aus. Geliefert wird dieselbe von Th. Hollmann in Elberfeld.

Die oben besprochenen Beleuchtungsarten werden jetzt, den gesteigerten Ansprüchen des Publikums entsprechend, immer mehr und mehr von den Bahnen verschwinden, und es dürfte wohl die Zeit nicht mehr fern sein, wo dieselben lediglich als Noth- oder Reservebeleuchtung Verwendung finden.

## II. Kapitel.

# Die Beleuchtung mit Gas.

Die im Jahre 1870 auf der Niederschlesischen Bahn zuerst versuchsweise eingeführte Gasbeleuchtung stellt gegenüber den bisher in Gebrauch befindlichen Beleuchtungsarten einen ganz wesentlichen Fortschritt dar, sowohl in Bezug auf grössere Helligkeit, Zuverlässigkeit und Reinlichkeit als auch in Bezug auf grosse Vereinfachung in der Bedienung. Diese Beleuchtung hat mit der Zeit eine sehr grosse Verbreitung gefunden, so dass gegenwärtig ungefähr 135 000 Wagen mit Gasbeleuchtung versehen sind.

Bis vor zwei Jahren war fast ausschliesslich Oel- oder Fett-Gas in Verwendung. Gegenwärtig wird dasselbe rasch verdrängt durch das sogenannte Mischgas, eine Mischung von Fettgas mit Acetylen, welche sich durch wesentlich höhere Leuchtkraft auszeichnet. Bei weitem die Mehrzahl der Anlagen ist nach dem System der Firma Julius Pintsch in Berlin ausgeführt.

Das zur Verwendung kommende Gas wird in besonderen Gasanstalten erzeugt, welche sich von den gewöhnlichen Leuchtgasanstalten im wesentlichen nur dadurch unterscheiden, dass das Gas nicht aus Kohlen, sondern aus flüssigen Oelen erzeugt wird. Dieses Oel- oder Fett-Gas besitzt nicht nur eine grössere Helligkeit als das Kohlengas, sondern es verliert auch bei der Kompression nur sehr wenig an Leuchtkraft, während dieser Verlust bei Steinkohlengas sehr beträchtlich ist.

In Deutschland findet besonders das bei der Gewinnung des Paraffins durch trockene Destillation der Braunkohle als Rückstand erhaltene Braunkohlentheeröl oder Paraffinöl neben Petroleumrückständen zur Gasbeleuchtung Verwendung, während in Amerika hierzu Rohpetroleum benutzt wird.

100 kg Braunkohlentheeröl liefern 50—54 cbm Gas; 100 kg Petroleumrückstände, sowie russisches Naphtha ergeben 57—58 cbm, während Rohpetroleum 48—50 cbm Gas liefert.

Von den gusseisernen Retorten, in welchen eine möglichst vollkommene Vergasung des Oeles erfolgen muss, gelangt das Gas durch Vorlagen nach den Kondensatoren, Wäschern und Reinigern. Es werden hierdurch die Theerdämpfe kondensirt und die Kohlensäure sowie Schwefelverbindungen entfernt.

Von der Gasanstalt gelangt das Gas nach Passiren einer Gasuhr in die Reservoire der Füllstationen; das sind grosse geschweisste Kessel, in welche das Gas mittels langsam laufender Druckpumpen unter Kühlung gepresst wird, bis es unter einem Druck von 10 Atmosphären steht. Beim Komprimiren auf diesen Druck scheiden sich Kohlenwasserstoffe (Benzol etc.) in flüssiger Form aus, wodurch die Leuchtkraft des Gases etwas geschwächt wird. Nach Untersuchungen von Julius Pintsch verliert das aus Rohpetroleum hergestellte Gas an Leuchtkraft bei einem Druck von

| | | |
|---|---|---|
| 5 | Atm. . . . | 2,4 % |
| 10 | » . . . | 7,4 % |
| 15 | » . . . | 16,3 % |
| 20 | » . . . | 21,5 %. |

Durch unterirdische Rohrleitungen aus verzinktem Bleirohr von 16 mm innerem Durchmesser wird das Gas zu den Füllständern auf dem Bahnhofsgelände geleitet, von welchen es mittels Gummischläuche in die Gasbehälter der Wagen übergeführt wird. In diesen Behältern steht das Gas unter einem Druck von 6 Atmosphären.

Die Behälter der Wagen bestehen aus cylindrischen Kesseln von 4,5—5 mm starkem Eisenblech. Der Mantel derselben ist genietet, die kugeligen Böden sind eingeschraubt; die Nähte sind verlöthet. Der ganze Behälter ist verzinnt. Nach der Anzahl der Flammen eines Wagens und der Brenndauer richtet sich die Anzahl und Grösse der Gasbehälter. In Deutschland reichen die Behälter meist für eine Dauer von 30 Stunden im Mittel aus.

Die Helligkeit der Flamme des reinen Fettgases beträgt je nach der Güte des Gases 5—6,5 HK.

Der Gasbehälter ist meist am Wagenuntergestell angebracht; es hat dies den Vortheil, dass er sehr gut befestigt werden kann und ausserdem durch die kräftigen Längsträger und die Querverbindungen des Untergestelles am besten bei Zusammenstössen geschützt ist. Auf dem Wagendache ist eine genügend sichere Befestigung des schweren Behälters nur schwierig.

Befinden sich zwei oder mehrere Behälter unter einem Wagen, so sind dieselben durch ein dickwandiges, 7 mm weites Eisenrohr mit einander verbunden.

Auf jeder Längsseite des Wagens befindet sich ein Füllventil, welches durch eine Blechkappe gegen eindringenden Staub und Schmutz geschützt ist, sowie ein Manometer, um jederzeit den Druck im Behälter ablesen zu können.

Von den Gasbehältern gelangt das Gas in ein Reducirventil, durch welches eine gleichmässige Verminderung des Gasdruckes auf 25—45 mm Wassersäule bewirkt wird. Das Ventil (Fig. 4) besteht aus einem gusseisernen Behälter, welcher mit einer Ledermembran bespannt ist. Durch den Druck des Gases spannt sich die Membran, und natürlich um so stärker, je grösser der Druck ist; dabei wird ein Ventil bethätigt, welches die Eintrittsöffnung für das Gas bei Wachsen des Druckes verkleinert, bei Nachlassen desselben vergrössert. Hierdurch wird bewirkt, dass in dem Regulator ein stets gleicher Druck

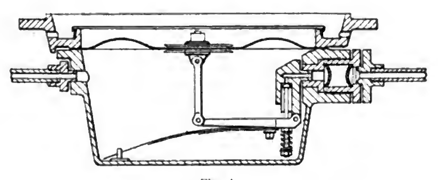


Fig. 4.
Reducier-Ventil für Gasbeleuchtung System Pintsch.

herrscht, welcher sich leicht nach der Flammenzahl einstellen lässt. Vor dem Eintritt des Gases in das Ventil geht es durch eine Filtervorrichtung, um das Mitführen von Staub in das Ventil zu verhindern.

Von dem Ventil führt eine Leitung nach der Stirnwand des Wagens zum Haupthahn und von da nach dem Dache zu den einzelnen Lampen. Die bei den verschiedenen Bahnen in Gebrauch befindlichen Apparate sind überall nahezu die gleichen.

Die Lampen sind entweder vom Wagendache aus oder von innen oder sowohl von aussen als von innen zugängig. Fig. 5 stellt eine bei den preussischen Staatsbahnen für Wagen mit Oberlichtaufbau eingeführte Lampe, welche von innen und aussen zugänglich ist, dar. Die der Flamme zugeführte Luft wird am inneren Schornstein vorgewärmt.

In der sogenannten Intensivlampe findet eine stärkere Erhitzung der Luft an dem mit Rippen versehenen unteren Theile des Schornsteines statt. Das Gehäuse dient auch gleichzeitig zur Abführung verbrauchter Luft aus dem Wageninnern.

Die dreiflammige Intensivlampe für Fettgas verbraucht ca. 60 l Gas stündlich und besitzt eine Leuchtkraft von 22 Kerzen.

Vielfach besitzen die Lampen einen Hahn zum Dunkelstellen, durch welchen die Gaszufuhr beschränkt werden kann. Ein Auslöschen der Flamme kann durch den Reisenden nicht erfolgen. Es ist ihm nur möglich, durch Vorziehen eines Lichtschirmes aus blauem Stoff vor die Glasglocke das Licht zu dämpfen. Als Brenner finden meist Zweilochbrenner, wie auf den Preussischen Staatsbahnen, oder Schlitzbrenner aus Speckstein Verwendung.

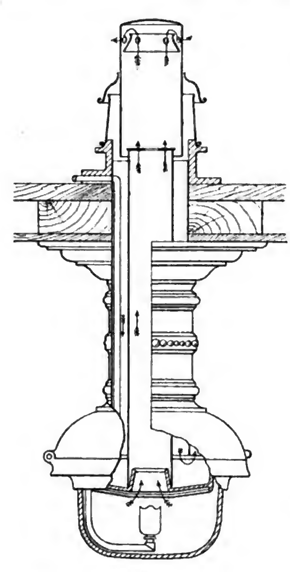


Fig. 5.
Lampe für Gasbeleuchtung, von innen und aussen zugänglich.

Die neueren D-Wagen der Preussischen Staatsbahnen mit 7 Abtheilen besitzen meist 2 Gasbehälter mit 2280 l Inhalt zusammen. Der grössere ist 7550 mm lang, der kleinere 3350 mm bei 520 mm lichtem Durchmesser. Die Beleuchtung besteht aus 2 dreiflammigen Brennern mit einem Gasverbrauch von je 55 bis 60 l, 5 zweiflammigen Brennern mit einem Verbrauch von 45 l sowie 8—9 einfachen Brennern mit einem Verbrauch von 25 bis 27,5 l stündlich.

Die Helligkeit einer Flamme mit 27,5 l Gasverbrauch im Zweilochbrenner Nr. 40 von Pintsch beträgt ca. 5 HK für reines Oelgas, wie dasselbe in den Gasanstalten der Preussischen Staatsbahnen gewonnen wird, so dass pro Kerzenbrennstunde 5,5 l Gas verbraucht werden. —

Die Einführung des Acetylens in die Technik ermöglichte eine ganz wesentliche Verbesserung der Gasbeleuchtung. Nachdem sich wegen der ausserordentlichen Gefährlichkeit des reinen Acetylens dessen Verwendung zur Beleuchtung der Wagen als undurchführbar herausgestellt hat, ist es der Firma Julius Pintsch gelungen, diesen

Körper dadurch für diesen Zweck verwerthbar zu machen, dass sie denselben dem Fettgase beimischt. Eingehende Versuche, welche im Beisein des Herrn Eisenbahndirektors Bork in der Fürstenwalder Fabrik dieser Firma ausgeführt worden sind, haben ergeben, dass Mischungen von Acetylen mit Fettgas bis zu einem Gehalt von 50% Acetylen keine Neigung zu Explosionen und keine grössere Feuergefährlichkeit besitzen als das reine Fettgas, dass aber die Leuchtkraft der Flamme bei gleichem Gasverbrauche ganz beträchtlich erhöht wird.

Acetylen $C_2 H_2$, eine sogenannte endothermische Verbindung, bei deren Zerfall Wärme frei wird (1 Grammolekel liefert 51,4 Cal.), zersetzt sich bei einer Temperatur von 780° bei jedem Druck. Die Zersetzung findet auch statt, wenn nur ein Theil des Gases auf die Zersetzungstemperatur gebracht wird. Die hierdurch eintretende Wärme- und Druck-Steigerung kann zur Explosion und Zerstörung der Gasbehälter führen. Ebenso kann die Komprimirung des Acetylens leicht zu Explosionen durch die bei derselben auftretende Wärmeentwicklung führen, so dass man gezwungen ist, von der Verwendung reinen Acetylens Abstand zu nehmen.

Die Darstellung des Acetylens in den von Julius Pintsch gebauten Anlagen geschieht durch Einführung von Calciumcarbid in Stücken in mit Wasser gefüllte Behälter. Das Wasser zersetzt das Carbid unter Bildung von Acetylen und Kalkhydrat. Das erzeugte Gas wird durch Kühler und Wäscher zum Gasbehälter geleitet. Zur Mischung mit Fettgas geht dasselbe durch eine Gasuhr, welche mit der Gasuhr, durch welche das Fettgas zugeführt wird, zwangläufig verbunden ist, so dass die durchströmenden Gase in dem gewünschten Verhältniss sich mischen.

Die Verwendung von Mischgas erfordert keine weitere Veränderung an den für Fettgas bestehenden Einrichtungen, als die Errichtung einer Acetylenanstalt neben der Fettgasanstalt, so dass dieser Fortschritt mit sehr geringen Mehrausgaben eingeführt werden kann.

Gegenwärtig wird bei den preussischen Staatsbahnen ein Mischgas von 25% Acetylen und 75% Fettgas verwendet. Der bisher gebräuchliche Fettgas-Zweiloch-Brenner Nr. 40 wurde beibehalten. Die Helligkeit einer Flamme mit einem Gasverbrauch von 27,5 l beträgt 14 HK, diejenige einer zweiflammigen Lampe mit 45 l Verbrauch 25 HK, einer dreiflammigen Lampe mit 60 l Verbrauch 32 HK.

Nach Gerdes[1]) beträgt die Helligkeit der verschiedenen Mischungen im Brenner Nr. 40 nach genauen photometrischen Messungen im Mittel mehrerer Versuche:

---

[1]) Glaser's Annalen 1897 S. 15.

| Gasmischung | Gasdruck in mm | Gas-verbrauch pro Stunde in l | Hefner-kerzen | Gas-verbrauch pro Kerze u. Stunde in l | Verhältniss der Lichtstärke des Mischgases zum reinen Fettgas |
|---|---|---|---|---|---|
| Fettgas (rein) | 15 | 33 | 6,7 | 4,92 | — |
| 90 % Fettgas und 10 % Acetylen | 15 | 33 | 12,6 | 2,61 | 1,88 |
| 80 % Fettgas und 20 % Acetylen | 16 | 33,5 | 20,2 | 1,65 | 3,01 |
| 70 % Fettgas und 30 % Acetylen | 15 | 33,5 | 19,4 | 1,87 | 2,89 |
| 60 % Fettgas und 40 % Acetylen | 15 | 33 | 21,9 | 1,5 | 3,26 |
| 50 % Fettgas und 50 % Acetylen | 16 | 35 | 24,1 | 1,45 | 3,59 |
| 70 % Steinkohlengas und 30 % Acetylen | 30 | 46—46,5 | 10,83—13 | 3,54—4,29 | — |

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Beimischung eines höheren Procentsatzes Acetylen die Leuchtkraft nicht mehr in demselben Maasse erhöht, so dass also eine Beimischung von 25 % Acetylen als die vortheilhafteste erscheint.

Während die Leuchtkraft durch Beimischung von 25 % Acetylen um das Dreifache erhöht wird, findet bei einem Zusatz von 40 % eine weitere Helligkeitszunahme von ca. 10 %, bei 50 % eine solche von 20 % gegenüber der ersteren Mischung statt.

Versuche, welche in neuester Zeit in Fürstenwalde vorgenommen worden sind, sollen ein wesentlich günstigeres Ergebniss für die Mischungen mit mehr als 25 % Acetylen gehabt haben.

Ueber die Entwicklung der Gasbeleuchtung ist zu bemerken, dass die ersten Versuche durch Julius Pintsch auf der Niederschlesischen Eisenbahn im Jahre 1870 vorgenommen worden sind, deren günstige Resultate allmählich zu einer immer ausgedehnteren Einführung der Fettgasbeleuchtung geführt haben. Nach Gerdes[1]) waren im Jahre 1880 6000 Wagen nach System Pintsch beleuchtet, 1885 21000 Wagen, 1890 36000 Wagen, 1895 64000 Wagen (davon in Deutschland 30000, in England 15400, in Amerika 8000 Wagen), 1900 105000 Wagen. Ausserdem sind gegenwärtig noch ca. 25000 bis 30000 Wagen nach

[1]) Glaser's Annalen 1897 S. 1 und Elektrotechnische Zeitschrift 1901 S. 25.

anderen Systemen beleuchtet; so in Deutschland (auf bayerischen und württembergischen Bahnen) von Riedinger in Augsburg, in England von Pope & Son. Auf den Bahnen der Vereinigten Staaten von Nordamerika sind zur Zeit 16000 Wagen nach System Pintsch beleuchtet.

Auf den deutschen Staatsbahnen haben auch die Lokomotiven meist Gasbeleuchtung erhalten.

Die Einführung der Gasbeleuchtung hat, wie aus dieser Aufstellung ersichtlich, erst langsam, dann aber mit grosser Schnelligkeit zugenommen.

Die meisten Bahnverwaltungen erzeugen sich das erforderliche Gas selbst in eigenen Gasanstalten; kleinere Bahnen, deren Bedarf für eine eigene Gaserzeugungsanstalt zu gering ist, beziehen das Gas von benachbarten Verwaltungen. Amerikanischen Bahnen wird das Gas vielfach von Unternehmern geliefert.

Die preussischen Staatsbahnen haben gegenwärtig 50 Gasanstalten mit einer Jahreserzeugung von ca. 3800000 cbm in Betrieb. Diejenigen Linien, welche keine Station mit Gasanstalt haben, erhalten das Gas auf besonderen Gastransportwagen zugeführt. Diese Transportwagen besitzen meist drei grosse Reservoire von ca. 10 cbm Inhalt.

Die Beleuchtung mit Fettgas stellt zweifelsohne einen ganz wesentlichen Fortschritt gegenüber der Oelbeleuchtung dar. Die Beleuchtung ist eine bessere, zuverlässigere und reinlichere und stellt an die Bedienung viel geringere Anforderungen. Letztere erstreckt sich lediglich auf Füllung der Behälter, Reinigung der Lampenglocken und des Schornsteins und Prüfung der Brenner.

Dahingegen erfordert die Gasbeleuchtung grosse Anlagekosten. Zu den Kosten für Wageninstallation kommen noch die beträchtlichen Kosten für Errichtung der Gasanstalten und Füllstationen. Ferner ist das Gewicht der Wageninstallation ein verhältnissmässig beträchtliches. Beide Nachtheile gelten in gleichem Maasse auch für die elektrische Beleuchtung.

Die Helligkeit der Flamme hängt sehr wesentlich von der Güte des Gases ab; letztere ist ausser durch die Güte des Oeles von der Sorgfalt der Darstellung bedingt. Im Betriebe verstopfen sich die Brenner leicht, ausserdem sammelt sich in den Glasglocken während der Fahrt Staub und Russ, wodurch Licht absorbirt und die Helligkeit der Beleuchtung vermindert wird.

Für die Bahnverwaltungen ergeben sich durch Verwendung von Fettgas folgende Uebelstände: Die Umgebung der Fettgasanstalten wird entwerthet; der unangenehme, penetrante Geruch des Fettgases macht auf die Dauer jeden Aufenthalt einfach unmöglich. Ausserdem ist die Herstellungsweise eine keineswegs ungefährliche und sind schon

mehrfach Fettgasanstalten in Brand gerathen. Der üble Geruch führt naturgemäss vielfach zu Klagen der Gemeinden und zu Auseinandersetzungen mit den Verwaltungsbehörden.

Hierzu kommen noch die Uebelstände, die die Installation des Wagens selbst betreffen. Da ist zunächst die umständliche Art des Anzündens der Flammen. Entweder werden die Flammen von aussen angezündet, und alsdann muss der betreffende Wärter zu jeder Jahreszeit, auch wenn Schnee und Eis auf den Wagen sich befinden, über die Dächer derselben laufen, was naturgemäss für den Betreffenden mit Gefahren verbunden ist, oder die Wagen werden im Innern oft unter Belästigung der Mitreisenden angezündet. —

An Stelle des Fettgases findet auf den bayerischen Staatsbahnen, einigen englischen und französischen Bahnen karburirtes Steinkohlengas, allerdings nur in geringem Umfange, Verwendung. Das Gas wird in der Niederdruckleitung durch ein Gefäss mit flüssigem Kohlenwasserstoff geleitet, wobei sich das Gas mit dem Dampf des letzteren sättigt. Man verwendet entweder Benzin oder Naphthalin zur Karburirung. Ein mit Naphtha gesättigtes Gas soll bei einem Konsum von 27 l pro Stunde bei einem Verbrauch von 4 g an Karburirungsmittel eine Leuchtkraft von 6 NK ergeben. Bei grosser Kälte nimmt die Leuchtkraft durch die Ausscheidung des Kohlenwasserstoffes wesentlich ab.

Für die Steinkohlengasbeleuchtung kann man dieselben Apparate der Wageninstallation, sowie dieselben Brenner verwenden, wie sie für Fettgas üblich sind, nur ist jeder Wagen noch mit dem Karburirapparat versehen. Eine eigene Gasanstalt ist nicht erforderlich, da das Gas aus den städtischen Anstalten entnommen werden kann, dahingegen eine Komprimirungsanlage mit Füllstationseinrichtung. —

Man hat in Frankreich versucht, die Beleuchtung mit Auerbrennern auch für Wagenbeleuchtung einzuführen, jedoch ohne Erfolg. Wenn es auch gelungen ist, eine geeignete Aufhängung für die Glühkörper zu konstruiren, so leiden letztere doch zu sehr bei der durchaus notwendigen Reinigung und Revision der Apparate. Die Lichtstärke der Brenner beträgt nach Angabe von Chapéron[1]) 25—30 HK. bei einem Kraftverbrauch von 35 l pro Stunde. —

Bezüglich der Beleuchtung mit reinem Acetylen ist bereits oben erwähnt worden, dass dieselbe für Eisenbahnwagen-Beleuchtung zu gefährlich ist. Auf vielen Bahnen sind Versuche mit reinem Acetylen gemacht worden und finden noch jetzt solche statt, doch ist bei dem gegenwärtigen Stand der Technik nicht anzunehmen, dass diese Be-

[1]) Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer, Mai 1900.

leuchtungsart für eine umfangreichere Verwendung brauchbar sein wird. Man hat sowohl flüssiges Acetylen, als auch komprimirtes Acetylengas verwendet. Versuche mit letzterem, welches auf 10 Atm. komprimirt ist, finden auf der bayerischen Ludwigsbahn statt. Es sind zwei Wagen von dem Acetylenwerk Augsburg-Oberhausen eingerichtet. Jeder Wagen besitzt seinen Acetylenapparat.

Auf der Paris-Lyoner Eisenbahn werden Versuche mit komprimirtem, reinem Acetylen angestellt. Die Behälter, in welche das Acetylen gepresst wird, sind mit Holzkohlenpulver, Infusorienerde, Thon und dergleichen gefüllt. Bei Gegenwart dieser Körper soll die Aufspeicherung des komprimirten Acetylens vollständig gefahrlos sein.

Schliesslich ist noch das in Amerika auf der Pennsylvania Rail Road in Verwendung gewesene Beleuchtungssystem mit karburirter Luft nach System Frost zu erwähnen. Die Einrichtung ist derart getroffen, dass die komprimirte Luft von der Westinghousebremse durch ein Reducirventil von ähnlicher Konstruktion wie das für Fettgas gebräuchliche geführt wird. Von diesem Reducirventil wird die Luft in einen kupfernen Behälter geleitet, in welchem sich mit Gasolin getränkte Baumwolle befindet. Die Luft sättigt sich mit Gasolindämpfen und geht von hier aus zum Brenner. Gasolin ist ein Produkt der Destillation des Rohpetroleums, welches einen Siedepunkt von 43° und ein specifisches Gewicht von 0,65 hat.

Diese Beleuchtungseinrichtung ist schon im Jahre 1884 auf der Pennsylvania Rail Road eingeführt worden und ausserdem noch auf mehreren amerikanischen Bahnen.

Der Nachtheil des Systems, welcher auch, wie es scheint, eine weitere Einführung verhindert hat, ist die grosse Feuergefährlichkeit des Gasolins.

---

# III. Kapitel.

# Die Beleuchtung mit Elektricität.

## Allgemeines. Ueber Akkumulatoren für Zugbeleuchtung.

Mit Beginn der industriellen Entwicklung der Elektrotechnik erscheinen bereits die Bestrebungen, die Vortheile des elektrischen Lichtes für Eisenbahnwagen nutzbar zu machen. Die Unvollkommenheit der erforderlichen Apparate, besonders der Akkumulatoren, machten jedoch lange Zeit hindurch alle Bemühungen erfolglos. Die Lösung der anfangs verhältnissmässig einfach erscheinenden und so Gewinn versprechenden Aufgabe erwies sich immer mehr als eine besonders schwierige, welche erst eine ausgebildete Technik bewältigen konnte.

Mit zunehmender Vervollkommnung der Akkumulatoren fand das elektrische System immer mehr Eingang, so dass wir gegenwärtig fast überall, besonders im Auslande, elektrisch beleuchtete Wagen antreffen. In England hat man schon im Jahre 1881 die ersten Versuche angestellt, und sind wohl auch bis in die neueste Zeit die englischen Bahnverwaltungen am meisten bestrebt gewesen, das elektrische System auszubilden. In den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika herrschte in den achtziger Jahren das gleiche Bestreben vor. Weniger gilt dies von den Bahnen des europäischen Kontinents.

Während indess die elektrische Zugbeleuchtung auf den nordamerikanischen Bahnen noch bis heute keinen festen Fuss fassen konnte, hat dieselbe nach vielen Misserfolgen auf europäischen Bahnen allmählich Einführung und stets sich steigernde Ausdehnung gefunden. Immerhin ist der Fortschritt in der Ausbreitung noch bis heute ein verhältnissmässig langsamer gewesen. Wenn auch jetzt dieser Zweig der Technik sich derartig vervollkommnet hat, dass nennenswerthe Bedenken gegen die Einführung des Systems auf unseren Bahnen nicht mehr erhoben werden können, und auch das Misstrauen, welches die Bahnverwaltungen nach den vielen Misserfolgen naturgemäss gefasst haben, allmählich zu schwinden beginnt, so hat doch inzwischen

die Gasbeleuchtung eine so bedeutende Ausdehnung gewonnen, und ist in den Anlagen für letzteres System so viel Kapital festgelegt worden, dass hierdurch die Einführung des elektrischen Lichtes sehr erschwert wird.

Alle gegenwärtig in Betrieb befindlichen elektrischen Wagenbeleuchtungsanlagen arbeiten unter Verwendung von Akkumulatorenbatterien, welche für eine bestimmte Leistung elektrische Energie aufgespeichert enthalten. Nach Abgabe dieser Energie im Betriebe müssen die Batterien wieder aufgeladen werden. Diese Aufladung findet entweder auf bestimmten Stationen statt oder erfolgt in den Zügen selbst, wenn dieselben mit entsprechenden Dynamomaschinen ausgerüstet sind. Im ersteren Falle müssen die Wagen nach bestimmter Zeit zu der Ladestation zurückgekehrt sein, in letzterem Falle ist der Betrieb im wesentlichen unabhängig von bestimmten Stationen.

Befinden sich eine oder mehrere Dynamomaschinen im Zuge, so erfolgt der Antrieb derselben meist von der Achse des Wagens aus, seltener von einer Dampfmaschine, welche ihren Dampf von der Lokomotive oder einem besonderen Kessel erhält. Da in ersterem Falle bei Stillstand oder langsamer Fahrt des Zuges die Maschine Strom nicht abgeben kann und im zweiten Falle letztere nur bei angekuppelter Lokomotive in Betrieb ist, so sind Batterien erforderlich, um die Stromlieferung bei Abstellen der Maschine zu übernehmen.

Anlagen mit Dynamomaschinen ohne Verwendung von Batterien sind nur sehr wenige versuchsweise eingerichtet worden, und sie haben heute lediglich historisches Interesse. Das Gleiche gilt von den wenigen Versuchsanlagen unter Verwendung von Primärelementen in England, Frankreich und den Vereinigten Staaten, welche wegen der unzuverlässigen und kostspieligen Unterhaltung der Elemente bald wieder aufgegeben werden mussten.

Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnwagen erfolgt gegenwärtig entweder

1. mittels Dynamomaschine in Verbindung mit Akkumulatoren.

2. durch Akkumulatoren allein, welche auf besonderen Ladestationen für eine bestimmte Leistung aufgeladen werden.

Jede dieser Ausführungen kann Anwendung finden

1. für den geschlossenen Zug derart, dass von einem oder zwei Wagen aus die Beleuchtung aller Wagen des Zuges erfolgt,

2. für jeden Wagen allein.

Die Entwicklung der elektrischen Wagenbeleuchtung ist naturgemäss engverknüpft mit der Entwicklung der Akkumulatorentechnik,

und eine wesentliche Ursache des Misslingens so vieler Versuche liegt in der Verwendung von ungeeigneten, technisch unzulänglichen Batterien. —

Der Akkumulator, auch Sammler oder Sekundärelement genannt, ist ein galvanisches Element, welches sich dadurch auszeichnet, dass dasselbe nach Abgabe von elektrischer Energie jederzeit durch Zuführung der letzteren wieder auf den ursprünglichen Zustand gebracht werden kann, also von neuem in der Lage ist, elektrische Energie zu liefern.

Die in dem Akkumulator während seiner Thätigkeit vorgehenden Processe sind umkehrbar: die bei Stromabgabe durch chemische Umwandlung in den Zellen entstandenen chemischen Verbindungen werden durch Zuführung von elektrischem Strom wieder in die ursprünglichen Substanzen zurückverwandelt.

Es gibt nun eine grosse Zahl von galvanischen Elementen, welche die gleiche Eigenschaft haben. Für die Praxis brauchbar hat sich bis jetzt aus verschiedenen Gründen allein der Bleiakkumulator erwiesen.

Die negative Elektrode des Bleiakkumulators besteht aus schwammigem, porösem Blei, die positive aus dem höchsten Oxydationsprodukte des Bleies, dem Bleisuperoxyd. Beide Körper befinden sich auf besonders geformten Trägern aus metallischem Blei. Der Elektrolyt besteht lediglich aus verdünnter Schwefelsäure.

Die Vorgänge an den Elektroden während der Elektrolyse lassen sich am anschaulichsten erklären, wenn man annimmt, dass das Wasser des Elektrolyts sich in Wasserstoff und Sauerstoff spaltet, welche sich an den Elektroden abscheiden und auf dieselben einwirken.

Wenn auch nach den heutigen Ansichten die Zersetzung des Elektrolyten keineswegs in dieser einfachen Weise vor sich geht, so genügt diese Annahme zum Verständniss der Vorgänge durchaus.

Bei der Entladung des Akkumulators geht der Sauerstoff an die Bleischwamm-Elektrode und oxydirt das feine schwammige Blei zu Bleioxyd. Der Wasserstoff wandert an die Bleisuperoxyd-Elektrode und reducirt das Bleisuperoxyd zu Bleioxyd. Durch Einwirkung der Schwefelsäure des Elektrolyten geht das Bleioxyd der beiden Elektroden in schwefelsaures Blei oder Bleisulfat über. Es zieht mithin bei der Entladung die Schwefelsäure aus dem Elektrolyten in die Elektroden unter Bildung von schwefelsaurem Blei. Infolgedessen sinkt das spec. Gewicht mit der Entladung.

Ist der Bleischwamm bezw. das Bleisuperoxyd umgewandelt, so ist auch die Entladung beendet und die Spannung der Zelle sinkt alsdann schnell auf Null.

Bei der Ladung des Akkumulators findet nun der umgekehrte Vorgang statt. An der positiven Elektrode wird durch den Strom Sauerstoff abgeschieden, welcher auf das Bleisulfat einwirkt und Bleisuperoxyd unter Freiwerden von Schwefelsäure bildet. Der Wasserstoff bewirkt hingegen an der negativen Elektrode die Bildung von Bleischwamm und freier Schwefelsäure. Das spec. Gewicht des Elektrolyten muss infolgedessen bei der Ladung wieder steigen. Ist die Umwandlung in Bleischwamm und Bleisuperoxyd beendet, so scheidet sich an der negativen Platte freier Wasserstoff ab, an der positiven Platte freier Sauerstoff. Die Menge der in einem Akkumulator aufgespeicherten Energie wird also durch die Menge des vorhandenen Bleischwamms und Bleisuperoxyds sowie der vorhandenen Schwefelsäure bestimmt.

Der innere Widerstand des Bleiakkumulators ist ein ausserordentlich geringer, da keine Diaphragmen zwischen den Elektroden erforderlich sind, und als einziger Elektrolyt die verdünnte Schwefelsäure, eine der bestleitenden Flüssigkeiten, Verwendung findet. Der innere Widerstand ändert sich etwas während der Ladung und Entladung.

Die Spannung eines Akkumulators beträgt rund 2 Volt. Bei der Entladung sinkt dieselbe ausserordentlich langsam und man betrachtet die Entladung nach einem Spannungsabfall von 5—10 % als beendet. Bei weiterer Entladung sinkt die Spannung dagegen schnell. Bei der Ladung steigt die Spannung zuerst langsam und dann schnell von 2 Volt auf 2,5—2,7 Volt, je nach der Grösse des Ladestromes.

Die bei der Entladung erhaltene Elektricitätsmenge, in Ampèrestunden gemessen, nennt man Kapacität des Akkumulators. Dieselbe ist je nach der Höhe des Entladestroms verschieden gross, und zwar um so grösser, je kleiner der Entladestrom ist.

Umstehende Kurven Fig. 6 stellen die Aenderung der Spannung eines Akkumulators dar, wenn die Kapacität

1. innerhalb 3 Stunden,
2. innerhalb 5 Stunden,
3. innerhalb 10 Stunden,
3. innerhalb 20 Stunden

herausgenommen wird, wobei das spec. Gewicht der Schwefelsäure 1,18 beträgt. Die Kurven Fig. 7 stellen den Verlauf der Spannung bei der Ladung, wenn dieselbe innerhalb 10, 5 und 3 Stunden erfolgt, dar.

Will man einen Akkumulator laden, so muss man also die Spannung der Stromquelle entsprechend dem Steigen der Spannung des Akkumulators erhöhen können. Ist der Akkumulator geladen, so hält derselbe viele Monate lang seine Kapacität nahezu vollständig. Lässt man dagegen den Akkumulator in ganz oder theilweise entladenem

Zustande stehen, so geht das gebildete Bleisulfat in krystallinischen Zustand über, in welchem dasselbe nur sehr schwer durch den Strom wieder zersetzt wird. Man sagt alsdann: die Platte ist »sulfatirt«.

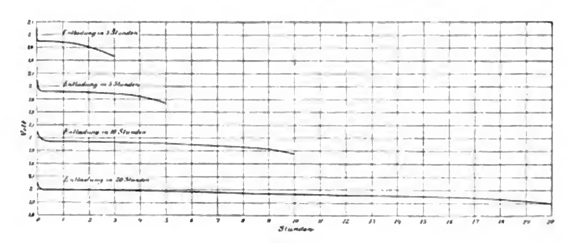



Fig. 6.
Kurven der Spannungsänderung eines Akkumulators bei der Entladung.

Die Folge hiervon ist, dass die Platten nicht nur an Leistungsfähigkeit abnehmen, sondern alsdann besonders grosse Neigung zeigen, sich zu krümmen und auszudehnen. Hierdurch wird aber leicht bewirkt, dass die Elektroden sich in der Säure berühren oder mit anderen Worten Kurzschluss erhalten, durch welchen die Platten in kurzer Zeit vollständig zerstört und unbrauchbar werden. Aehnliche verderbliche Wirkung hat eine öfter wiederholte Entladung unter die zulässige Spannungsgrenze, sowie andauernd ungenügende Ladung der Elemente.

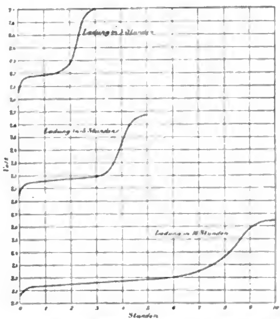



Fig. 7 Kurven der Spannungsänderung eines Akkumulators bei der Ladung.

Das Hauptaugenmerk bei einem Betriebe mit Akkumulatoren und bei der Wartung derselben muss deshalb darauf gerichtet sein, derartige Zustände zu vermeiden. Wenn auch die Wartung und Instandhaltung von Akkumulatoren eine sehr einfache und leicht auszuübende Arbeit ist, so erfordert dieselbe doch eine gewisse Sorgfalt und Zuverlässigkeit, wenn der Akkumulator auf die Dauer in gutem Zustande bleiben soll.

Für die Praxis besitzt der Bleiakkumulator folgende Eigenschaften von ganz besonderem Werth: der geringe Widerstand, die hohe und fast konstant bleibende Spannung bei der Entladung sowie, solide Konstruktion vorausgesetzt, eine grosse Haltbarkeit. Die Abnutzung des Akkumulators liegt durchaus in wirthschaftlichen Grenzen. Alle diese Eigenschaften besitzt ein gewöhnliches Primärelement auch nicht annähernd in gleichem Maasse.

Die gegenwärtig in Gebrauch befindlichen Akkumulatoren lassen sich in zwei Gruppen theilen, welche sich durch die Konstruktion der positiven Elektroden von einander unterscheiden.

Letztere bestehen entweder aus Gitterplatten oder aus Oberflächenplatten. Die Gitterplatten besitzen ein netzartiges Bleigerippe, in dessen Maschen Bleioxyde eingetragen, die durch den elektrischen Strom zu Bleisuperoxyd formirt sind. Das Verfahren, die wirksame Masse durch vorgängiges Auftragen von Bleioxyden auf Bleiträger und nachherige Formation zu erzeugen, rührt von Camille Faure, die Verwendung eines gitterförmigen Trägers von Volckmar her.

Von diesem verschieden ist das Verfahren von Gaston Planté, die Oberfläche von Bleiplatten unmittelbar der Einwirkung des elektrischen Stromes auszusetzen und hierdurch die wirksame Masse zu erzeugen. Da die Umwandlung des Bleies nur auf der Oberfläche erfolgt, so ist es klar, dass eine solche Platte um so leistungsfähiger ist, je grösser die Oberflächenentwicklung bei einer bestimmten Grösse der Platte ist.

Die negativen Platten bestehen bei allen Systemen aus Bleigittern, in welche Bleioxyde eingetragen und durch den Strom zu Bleischwamm reducirt sind.

Nach dem Verfahren von Faure-Volckmar lassen sich leichtere und leistungsfähigere Elemente als ursprünglich nach dem Planté-Verfahren herstellen, und wurde die Ausbildung und technische Verwerthung dieses Systems vor allem in Angriff genommen. Besonders auf den Gebieten, bei welchen auf geringes Gewicht besonders Werth gelegt wurde, wie bei der Zugbeleuchtung, fand es Verwendung.

Leider hat das Streben der Fabrikanten nach möglichst leichten Akkumulatoren viele unsolide Konstruktionen mit dünnen Platten, stark poröser Masse und sehr engem Plattenabstand entstehen lassen, und ist hierin im wesentlichen die Ursache der vielen Misserfolge zu suchen, welche auf dem Gebiete der elektrischen Eisenbahnwagen-Beleuchtung zu verzeichnen sind. Dieses Streben nach möglichst leichten Akkumulatoren war nicht zum wenigsten darin begründet, dass die meisten Verwaltungen, welche Versuche mit elektrischer Beleuchtung vorzunehmen beabsichtigten, demjenigen System den Vorzug gaben, welches das geringste Gewicht besass.

Die Oberflächenakkumulatoren, welche durch ihre ausgedehnte Verwendung für stationäre Anlagen in der Technik eine ausserordentlich grofse Bedeutung erlangt haben, sind erst in neuerer Zeit so ausgebildet worden, dass sie in Bezug auf Gewicht denen solider Gitterakkumulatoren gleich kommen. Der wesentliche Vortheil dieser Akkumulatoren besteht in grosser Haltbarkeit und in ihrer Fähigkeit, mit grossen Stromstärken bei Ladung und Entladung ohne Nachtheil beansprucht zu werden. Die wirksame Masse, welche durch den Strom auf den Platten erzeugt wird, hat einen durchaus innigen Zusammenhang mit dem Bleiträger, während man bei den Gitterplatten durch die besondere Form des Gitters ein Herausfallen der Masse zu verhindern suchen muss.

Bei der Zugbeleuchtung sind die Anforderungen, welche an die Akkumulatoren gestellt werden, je nach den Betriebsverhältnissen und dem angewandten Beleuchtungssystem sehr verschieden. Die Entladung der Elemente ist in den meisten Fällen eine sehr langsame, daher der Entladestrom im Verhältniss zur Kapacität ein geringer. Für die Ladung steht jedoch nicht immer so viel Zeit zur Verfügung, dass dieselbe mit einem Ladestrom, etwa einer Dauer von 6—8 Stunden entsprechend, vor sich gehen kann, wie dies für Gitterplatten vielfach vorgeschrieben wird.

Die Oberflächenakkumulatoren vertragen bei entsprechender Konstruktion einen wesentlich höheren Ladestrom; so sind z. B. Batterien der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W., welche die bekannten Tudorakkumulatoren herstellt, auf den kgl. ungarischen und kgl. rumänischen Staatsbahnen seit mehreren Jahren in Betrieb; ihre Aufladung erfolgt innerhalb 1—2 Stunden. Eine Auswechselung der entladenen Batterien im Wagen gegen geladene und der Transport von und zu der Ladestation, welcher verhältnissmässig viel Arbeit verursacht, wird durch Verwendung derartiger Akkumulatoren vermieden, indem die Batterien im Wagen aufgeladen werden können.

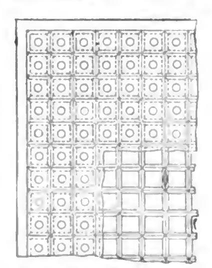


Fig. 8. Platte System Huber, Marly-le-Grand.

Die für Zugbeleuchtung im praktischen Betriebe in Verwendung befindlichen Formen von positiven Platten sind sehr mannigfaltig. Diejenigen Formen, welche in grösserem Umfange für diesen Zweck Verwendung finden, sind folgende:

System Huber, fabricirt in Marly-le-Grand (Fig. 8), quadratische Gitter mit aktiver Masse, welche behufs grösserer Ausnutzung der

Masse mit Löchern versehen ist. In Anwendung bei der Jura Simplon-Bahn.

System der Accumulatorenfabrik Oerlikon (Fig. 9). In Anwendung bei der Jura-Simplon-Bahn, Schweizer Centralbahn und verschiedenen Schweizer Bahnen.

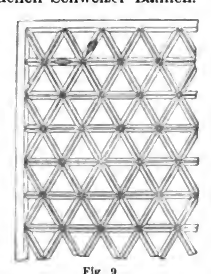


Fig. 9. Platte der Accumulatorenfabrik Oerlikon.

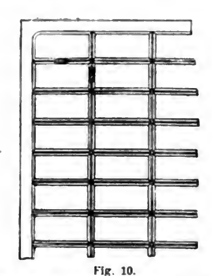


Fig. 10. Platte der Accumulatorenfabrik A.-G. Wien.

System der Accumulatorenfabrik A.-G. General-Repräsentanz Wien (Fig. 10). Oesterreichische und Ungarische Bahnen.

System der Accumulatoren- und Elektricitätswerke A.-G. vorm. W. A. Böse & Co. (Fig. 11), Rahmen mit sehr harter Masse. In Anwendung bei den Bahnpostwagen der Reichspost.

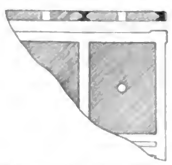


Fig. 11. Platte System Böse.

System Gottfried Hagen (Fig. 12). Marienburg-Mlawkaer Eisenbahn, Dänische Staatsbahnen.

System Laurent-Cély der Société pour le Travail électrique des Métaux in Paris (Fig. 13). In Anwendung bei der französischen Nordbahn.

System der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W., Oberflächenplatte (Fig. 14). In Anwendung bei den Dänischen, Ungarischen und Rumänischen Staatsbahnen, verschiedenen deutschen Privatbahnen u. s. w.

System E. P. S. der Electrical Power Storage Co. in London (Fig. 15), Batterien für Beleuchtungssystem Stone.

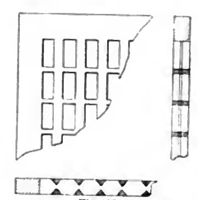


Fig. 12. Platte System Gottfried Hagen, Köln.

System der Electric Storage Battery Co. in Philadelphia (Fig. 16), Bleiplatten mit Löchern, in welche Spiralen von Bleiband, dessen Oberfläche formirt ist, eingepresst sind, auf amerikanischen Bahnen in Anwendung.

Nicht minder wichtig als die Herstellung einer guten und haltbaren Platte ist die Art der Zusammensetzung zum Element. Selbst die beste Platte wird bald zerstört, wenn der Aufbau nicht zweckentsprechend ist. Bei Elementen, welche für Zugbeleuchtung bestimmt sind, muss im Aufbau besonders Rücksicht genommen werden auf äussere Einflüsse, wie Temperaturschwankungen, Stösse und Erschütterungen. Das Element muss gegen diese Einflüsse durchaus widerstandsfähig, dabei muss der Aufbau einfach sein, damit das Element be-

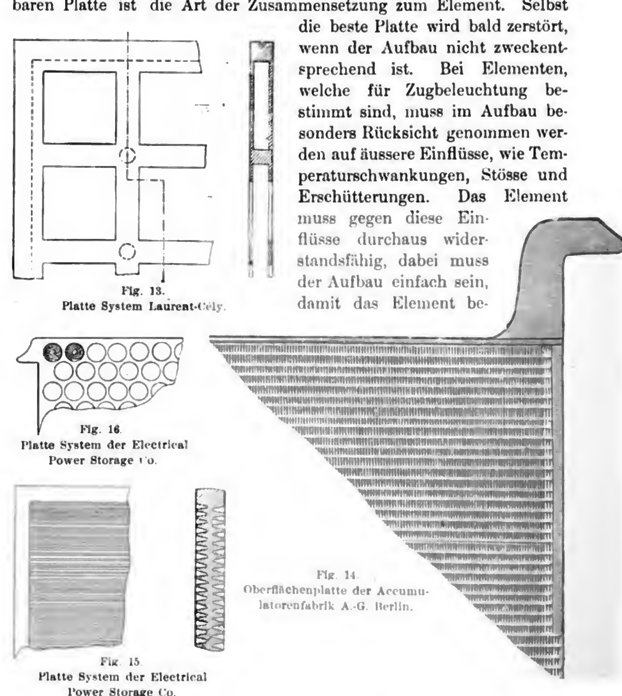

Fig. 13. Platte System Laurent-Cély.

Fig. 16. Platte System der Electrical Power Storage Co.

Fig. 15. Platte System der Electrical Power Storage Co.

Fig. 14. Oberflächenplatte der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin.

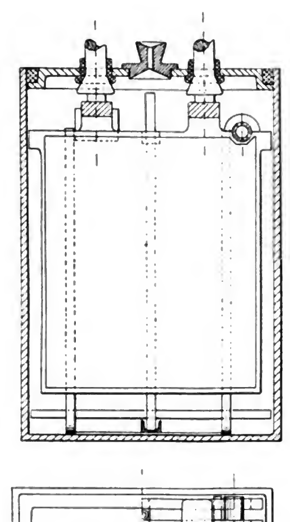
quem in seinem Verhalten bei der Ladung und im Aussehen der Platten kontrolirt und leicht in Ordnung gehalten werden kann. Letztere Bedingungen sind allerdings nur dann in durchaus befrie-

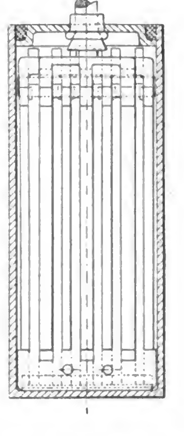
digender Weise erfüllt, wenn die Elemente nicht mit einem dichtschliessenden Deckel versehen sind. Elemente ohne Deckel oder nur mit einem lose aufliegenden Deckel sind wiederum nur dann zulässig, wenn die Aufladung unter Kontrole des Ladewärters im Wagen selbst stattfindet. Werden die Elemente behufs Vornahme der Ladung transportirt, so müssen dieselben mit einem dicht schliessenden Deckel versehen sein, welcher ein Heraustreten der Säure verhindert.

Als Gefässmaterial dient vorzugsweise Hartgummi. Dieses Material ist sehr leicht und von vorzüglicher Haltbarkeit. Holzkästen mit Bleiausschlag erhöhen das Gewicht und die Rauminanspruchnahme der Batterie nicht unbeträchtlich, sind keineswegs nennenswerth billiger wie Hartgummi und nicht so haltbar. Glasgefässe sind nur in Anlagen zu gebrauchen, in welchen die Batterien dauernd im Wagen aufgestellt bleiben, und selbst hier sind sie zu leicht dem Bruche ausgesetzt. Gegenwärtig findet dieses Material keine Verwendung bei der Wagenbeleuchtung. Die Accumulatoren- und Elektrizitätswerke vorm. W. A. Böse & Co. verwenden ausschliesslich Celluloid für ihre Zugbeleuchtungsbatterien. Andere Firmen fürchten die Feuergefährlichkeit dieses Materials. Bei Elementen, welche mit grossen Stromstärken geladen werden, und welche sich deshalb bei der Ladung erwärmen, sind Celluloidgefässe nicht verwendbar, da dieselben alsdann von der Säure angegriffen werden. Dagegen hat dieses Material den Vorzug, dass sich das Gefäss mit dem Celluloiddeckel durch Bestreichen mit Amylacetat vorzüglich abdichten lässt, und dass das Gefäss durchsichtig ist. Bei Hartgummigefässen wird als Dichtungsmasse ein Gemisch aus Stearin und Paraffin oder besondere Sorten von Gummikitt, Asphalt und dergleichen verwendet. Die Dichtungsmasse muss so beschaffen sein, dass sie bei Kälte nicht springt und rissig wird und in der Wärme nicht zu sehr erweicht. Für das Austreten der Gase bei der Ladung, sowie für das Nachfüllen von Schwefelsäure ist der Deckel mit einer besonderen Oeffnung versehen. Sämmtliche positive Platten eines Elementes, sowie sämmtliche negative Platten sind mit einander durch Bleileisten verbunden, und sind die positiven und negativen Platten von einander isolirt, entweder durch Glasrohre, Ebonitstäbe, gewellte perforirte Ebonitbleche oder direkt an der Gefässwand angebrachte Rippen, welche als Führung für die Platten dienen.

Zum Zwecke der leichten Transportfähigkeit werden mehrere Elemente gemeinsam in einen soliden, mit Handgriffen versehenen Holzkasten eingebaut, an dessen Aussenseite die Pole münden. Das Gewicht solcher Kästen beträgt je nach Grösse und Zahl der Elemente 40—120 kg.

Das Innere der Holzkästen ist meist mit einem Gemisch von Stearin und Paraffin ausgegossen oder mit einer Auskleidung von dünnem Bleiblech oder einem säurebeständigen Material versehen, da-





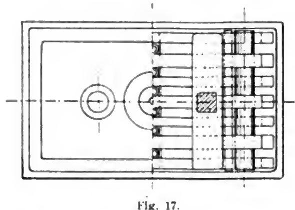


Fig. 17.
Element Type III $GO_{80}$ der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin.

mit ausgetretene Säure das Holz nicht zerstört. Die Ableitungen der Elemente sind durch Bleileisten, seltener durch Kupferdraht verbunden.

Nachfolgend sind die Aufstellungsarten einiger Systeme wiedergegeben:

Fig. 17 Element und Fig. 18 Batteriekasten der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W. für den Hofzug des Deutschen Kaisers. Die Platten sind in Hartgummikämme eingebaut, deren Zinken als Führung und Isolation dienen. Die negativen Platten ruhen auf den Leisten

der Kämme auf. Der positive Plattensatz wird von den negativen getragen durch Zwischenlager von Hartgummistücken. Die Verbindung der Elementkästen unter einander erfolgt durch flexible Kabel mit Kontaktstöpsel, welche in entsprechende Hartbleiösen passen.

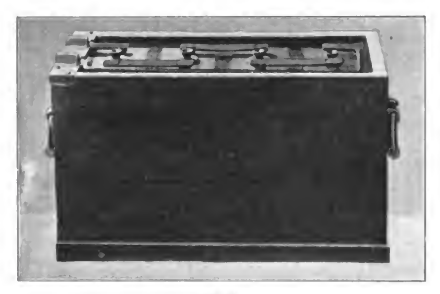


Fig. 18.
Batteriekasten mit 4 Elementen III $GO_{80}$ (Hofzug des Deutschen Kaisers).

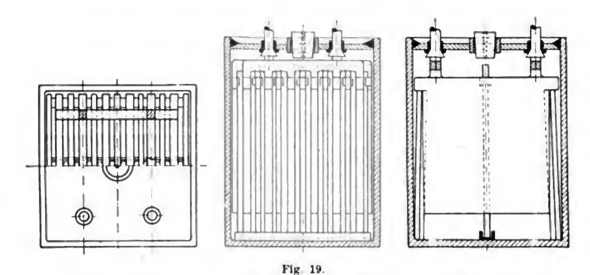


Fig. 19.
Element Type VI $ZO_{23}$ der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin (Dänische Staatsbahnen).

Die gleiche Aufstellung der Elemente haben die von der Jura-Simplon-Bahn, anderen Schweizer Bahnen, sowie deutschen Privatbahnen benutzten Elemente. Die Jura-Simplon-Bahn verwendet dreitheilige Hartgummikästen für 3 Elemente gemeinsam.

Fig. 19 Element und Fig. 20 Batteriekasten der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W. für die Dänischen Staatsbahnen. Die

Aufstellung erfolgt auf Glasrippenstützscheiben, auf welchen seitliche Vorsprünge der Platten aufliegen. Zum Verschluss sind Glasdeckel vorgesehen. Die Verbindung der Elementkasten unter einander erfolgt

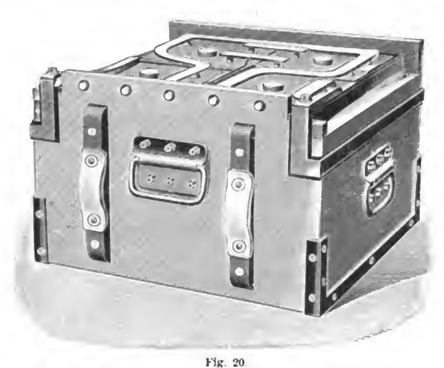


Fig. 20.
Batteriekasten für 4 Elemente VI $ZO_{23}$ (Dänische Staatsbahnen).

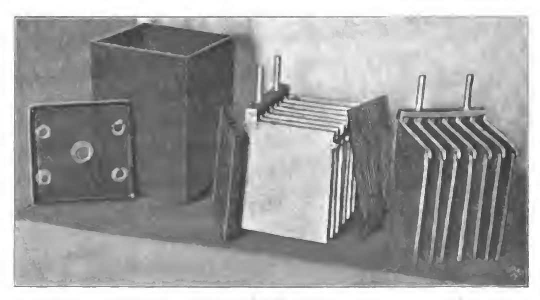
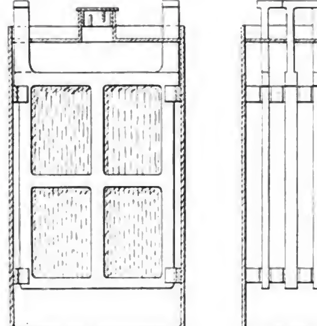


Fig. 21.
Elementtheile von Gottfried Hagen (Dänische Staatsbahnen).

selbstthätig durch Kontaktschienen an der Aussenseite des Kastens, welche mit entsprechenden Schienen am Gestell, auf welches die Kasten gestellt werden, korrespondiren.



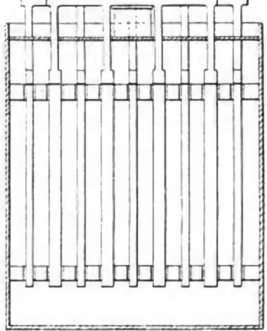


Fig. 22.
**Element der Accumulatoren- und Elektricitätswerke vorm. W. A. Böse & Co. (Deutsche Reichspost).**



Fig. 23.
**Batteriekasten mit 4 Elementen (Deutsche Reichspost).**

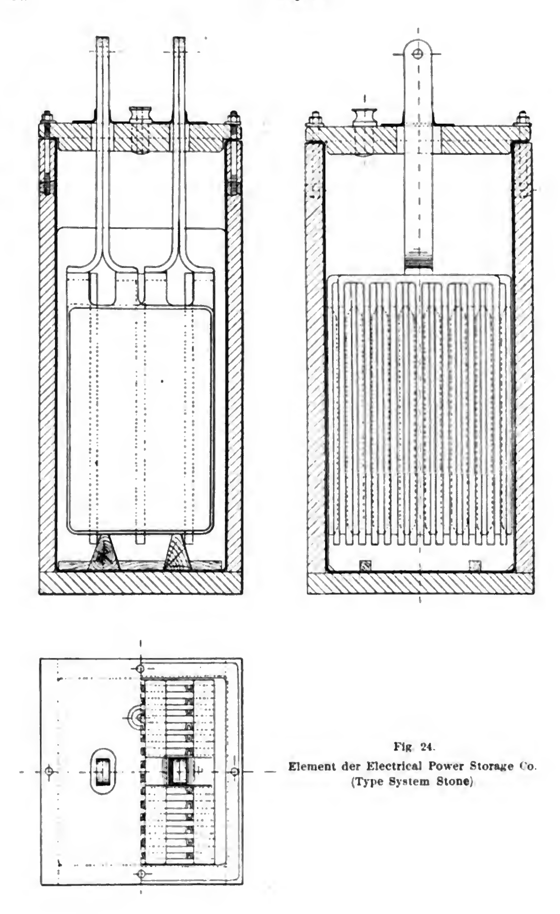


Fig. 24.
Element der Electrical Power Storage Co.
(Type System Stone).

Fig. 21 Elementtheile von Gottfried Hagen, Köln, für die Dänischen Staatsbahnen. Aufstellung mit Glasstützscheiben. Die Platten werden durch gewellte Hartgummibleche von einander isolirt und in erforderlichem Abstand gehalten.

Fig. 22 Element und Fig. 23 Batteriekasten der Accumulatoren- und Elektrizitätswerke vorm. W. A. Boese & Co. für die Deutsche Reichspost. Aufstellung in Celluloidgefässen mit Rippenwänden.

Fig. 24 Element der Electrical Power Storage Co. für die Beleuchtung nach System Stone.

Die Anordnung der Batterien im Wagen wird bei Beschreibung der einzelnen Anlagen besprochen werden.

---

## IV. Kapitel.

# Elektrische Beleuchtung geschlossener Züge mit Dynamomaschinen.

Die technischen Unvollkommenheiten der Akkumulatoren in den achtziger Jahren und ihre dadurch bedingte geringe Haltbarkeit und Unzuverlässigkeit waren, wie schon früher bemerkt, zum wesentlichen Theil die Ursache, dass ein Erfolg bei den damaligen Versuchen in keinem Falle erzielt werden konnte, andererseits bot die Verwendung einer Dynamomaschine in einem Wagen zur Beleuchtung des ganzen Zuges den augenscheinlichen Vortheil, dass hierdurch die Erzeugung des Lichtes im Zuge selbst stattfand, der Betrieb also im allgemeinen unabhängig war von einer Station für die Aufladung der Batterien.

Es ist deshalb begreiflich, dass die Technik zunächst eine Lösung in letzterer Richtung suchte. Eine grosse Anzahl von Versuchen ist angestellt worden ohne den gehofften Erfolg. Wenn auch einige der vorgeschlagenen Anordnungen bis zu einem gewissen Grade zur Einführung gekommen und zum Theil noch heute in Betrieb sind, so verhinderte doch eine Reihe von Umständen eine allgemeine Durchführung. Die Komplicirtheit und Unvollkommenheit der Apparate, welche nothwendig sind, um die Beleuchtung zu regeln, die Maschine oder die Batterien in den Stromkreis selbstthätig ein- und auszuschalten, damit die Beleuchtung unabhängig von Richtung und Geschwindigkeit des Zuges ist, die Forderung möglichst geschlossen bleibender Züge, sowie schliesslich die Kostspieligkeit der Einrichtungen hat einer allgemeineren Verwendung solcher Anlagen im Wege gestanden. Erst in neuerer Zeit, als man dazu übergegangen ist, die Einrichtungen so zu treffen, dass jeder Wagen unabhängig von den anderen Wagen des Zuges seine eigene Beleuchtungsanlage mit sich führt, ist es gelungen, solche Anordnungen und zwar in ziemlich bedeutendem Umfange zur Einführung zu bringen.

Der Antrieb der Maschine kann nun erfolgen:

1. durch die Wagenachse,

2. durch eine besondere Dampfmaschine, wobei der Dampf entweder von der Lokomotive oder einem besonderen Dampfkessel geliefert wird.

Die erstere Anordnung ist bis jetzt am meisten angewendet und auch die einzige, welche für die Beleuchtung einzelner Wagen durch Dynamomaschinen möglich ist. Die Einrichtung muss vor allem die Bedingung erfüllen, dass die Beleuchtung unabhängig von der Richtung und Geschwindigkeit des Zuges ist. Sie erfordert also unbedingt die Verwendung von Akkumulatoren, welche die Beleuchtung unterhalten, wenn der Zug still steht oder seine Geschwindigkeit einen bestimmten Werth noch nicht erreicht hat. Sie erfordert ferner, dass das Ein- und Ausschalten der Maschine und der Batterien während der Fahrt selbstthätig vor sich geht, sowie dass die Spannung der Maschine, sobald sie auf das Lampennetz arbeitet, konstant bleibt und nicht mit steigender oder abnehmender Geschwindigkeit des Zuges sich ändert.

Die Spannung der Maschine wird so hoch gewählt, dass die Batterien geladen werden können. Da nun die Ladespannung einer Batterie höher als ihre Entladespannung ist, und letztere wieder gleich der Lampenspannung sein muss, so ist zwischen Lampen- und Maschinenleitung ein je nach der wechselnden Spannung bald grösserer, bald geringerer Widerstand erforderlich. Die Widerstandsänderung muss gleichfalls selbstthätig erfolgen.

Der wichtigste Theil der Anlage ist die Regulirung der Dynamomaschine derart, dass die erzeugte Betriebsspannung eine konstante ist. Es ist dies erforderlich, da die Glühlampen nur bei einer bestimmten Spannung die verlangte Leuchtkraft ergeben, bei einer geringeren Spannung nicht leuchten, bei einer höheren die glühenden Kohlenfäden der Lampen durchbrennen würden. Ausserdem ist zuckendes Licht ausserordentlich unangenehm und nachtheilig für die Augen.

Die Spannung der Maschine ist von der Umdrehungszahl derselben, sowie von der Stärke des Magnetfeldes, in welchem der Anker der Dynamomaschine sich bewegt, abhängig. Man hat nun folgende Mittel, die Betriebsspannung konstant zu halten:

1. durch Konstanthaltung der Umdrehungszahl der Maschine durch eine m e c h a n i s c h e Vorrichtung.

2. durch entsprechende Aenderung des Magnetfeldes der Maschine bei Aenderung der Umdrehungszahl, also durch eine e l e k t r i s c h e Vorrichtung.

3. Durch Einschalten eines selbstthätig regulirenden Widerstandes oder einer Einrichtung, welche eine gegenelektromotorische Kraft liefert, zwischen Maschine und Lampen.

4. Durch Verwendung zweier Batterien, von denen die eine den Strom für die Lampen liefert, während die andere durch die Maschine geladen wird.

Die ersten Anlagen dieser Art sind in England ausgeführt worden und zwar durch die Ingenieure W. Stroudley und E. J. Houghton auf der London-Brighton and South Coast Railway und durch W. E. Langdon auf der Midland Railway. Beide Anordnungen sind für die Beleuchtung geschlossener Züge getroffen.

Einrichtung der London-Brighton and South Coast Railway. Im Gepäckwagen jedes Zuges ist eine Dynamomaschine mit einer Leistung von 55 Ampère bei 70 Volt Betriebsspannung aufgestellt. Die Akkumulatoren stehen entweder im Gepäckwagen oder sind in den einzelnen Wagen untergebracht. Das letztere ist nur bei den Zügen der Fall, bei welchen Wagen im Betriebe häufig abgekuppelt werden müssen. Der Antrieb der Maschine erfolgt von einer Wagenachse aus mittels Lederriemen, welche in verstellbaren Leitrollen zur Regulirung der Riemenspannung gleiten. Es sind zwei Riemen und demnach zwei Riemenscheiben an der Dynamomaschine vorgesehen, damit eine Störung durch Reissen eines Riemens ausgeschlossen ist.

Hat der Zug eine bestimmte Geschwindigkeit erreicht, so wird durch ein Relais die Batterie in den Stromkreis der Maschine geschaltet und erstere geladen. Die Maschine ist mit zwei Sätzen Bürsten ausgerüstet und wird durch einen sinnreich konstruirten Umschalter je nach der Fahrtrichtung des Zuges der eine oder andere Satz Bürsten an den Kollektor gelegt und zugleich bei steigender Geschwindigkeit des Zuges auf dem Kollektor verschoben, um ein Funken desselben zu vermeiden.

Im Stromkreis der Maschine ist ferner ein Regulator vorgesehen, welcher aus einem Solenoid mit Eisenkern besteht. Durch diesen Regulator wird bei dem Steigen der Maschinenspannung und dem Anwachsen der Stromstärke automatisch mehr Widerstand vor den Lampenstromkreis geschaltet, so dass die Spannung an den Lampen konstant bleibt. Durch besondere Wickelung des Ankers der Dynamomaschine wird bewirkt, dass die Spannung der Maschine mit zunehmender Umdrehungszahl nur verhältnissmässig wenig steigt.

Jeder Zug ist mit 38 Glühlampen von 16 HK. ausgerüstet. Der erste Zug ist im Jahre 1883 installirt worden. Gegenwärtig sind 40 Züge mit je 10—12 Wagen, zusammen 410 Wagen ausgerüstet.

In ganz ähnlicher Weise, wie die London-Brighton and South Coast Railway hat auch die Great Northern Railway Co. die elektrische Beleuchtung ihrer Züge eingerichtet. Dieselbe hat gegenwärtig acht Züge zu je 10 Wagen installirt. Jeder Zug hat im ganzen 550 HK. Jedes Abtheil I. Klasse ist mit einer Glühlampe von 16 HK., ein Abtheil II. Klasse mit einer solchen von 12 HK. und ein Abtheil III. Klasse mit einer solchen von 8 HK. beleuchtet.

Einrichtung der Midland Railway. Die Maschine und die Batterie befinden sich in einem Wagen des Zuges. Bei einigen Zügen ist jeder Wagen mit einer Batterie ausgerüstet. Der Antrieb der Dynamomaschine erfolgt gleichfalls durch Riemenpaare von der Wagenachse aus in ähnlicher Weise, wie bei dem ersten System. Die Regulirung auf konstante Spannung erfolgt durch eine Schwächung der magnetischen Feldstärke in demselben Verhältniss, als die Geschwindigkeit steigt. Es sind daher zwei Dynamomaschinen, eine grössere, den Betriebsstrom liefernde und eine kleinere, der Spannungsregulirung dienende, angeordnet, welche zusammen auf einer Welle sitzen. Eine Akkumulatorenbatterie erregt die Magnete beider Dynamos, jede durch einen besonderen Stromkreis. Die Betriebsmaschine besitzt noch eine zweite Wickelung mit geringem Widerstand, welche gleichfalls mit der Batterie parallel verbunden ist, doch liegt in dem Stromkreis der Anker der zweiten Dynamomaschine. Letzterer ist also der Batterie gegengeschaltet. Bei der grössten Geschwindigkeit des Zuges ist der Magnet der Lichtmaschine nur durch die Wickelungen, welche unmittelbar zur Batterie führen und verhältnissmässig hohen Widerstand haben, erregt. Durch die zweite Spule geht alsdann kein Strom, da die Spannung des Ankers der Regulirdynamo gleich und entgegengesetzt der Spannung der Batterie ist. Sinkt jedoch die Zuggeschwindigkeit, so nimmt die Spannung der Regulirmaschine in dem gleichen Verhältniss ab, und es geht infolge dessen ein Strom durch die zweite Wickelung der Betriebsmaschine, durch welchen die Feldstärke derselben erhöht wird. Die Betriebsspannung bleibt demnach trotz Abnahme der Umdrehungszahl praktisch konstant. Durch einen Centrifugalregulator wird der selbstthätige Ausschalter, sowie der Umschalter bethätigt. Sinkt die Zuggeschwindigkeit auf einen bestimmten Werth, so erfolgt die Beleuchtung lediglich durch die Batterie.

Das Gewicht einer kompletten Maschine beträgt 680 kg. Das Gewicht der Transmission und der Riemenscheiben ist 600 kg. Die Akkumulatoren sind von der Electrical Power Storage Battery Co. geliefert. Die Betriebsspannung ist 35 Volt, und besitzen die Batterien demnach 18 Zellen.

Wenn die Maschine in Betrieb ist, wird durch ein Relais ein Widerstand vor den Lampenstromkreis geschaltet. Hat jeder Wagen eine Batterie, so ist, um eine gleichmässige Stromvertheilung bei der Ladung sämmtlicher parallel geschalteter Batterien zu erreichen, ein kleiner Widerstand dauernd in jeden Batteriekreis geschaltet. Dieser Widerstand soll verhindern, dass ein Strom von einer geladenen Batterie zu einer entladenen geht.

Die Verwaltung der Midland Railway hat indess vor einigen Jahren die elektrische Beleuchtung ihrer Züge aufgegeben. Die Hauptursache scheint das wenig zuverlässige Funktioniren ihrer Akkumulatoren gewesen zu sein. —

In Deutschland und Oesterreich haben gleichfalls Versuche mit ähnlichen Systemen in den achtziger Jahren stattgefunden. Im Jahre 1886 wurde eine Anordnung nach Löbbecke und Oestreich auf einem Zuge zwischen Frankfurt und Fulda und einem solchen zwischen Stuttgart und Immendingen in Betrieb gesetzt. Hier wurde die Umdrehungszahl der Dynamomaschine dadurch konstant gehalten, dass durch einen Centrifugalregulator ein Riemen auf zwei kegelförmigen Riemenscheiben verschoben wurde. Sobald die Geschwindigkeit des Zuges unter eine gewisse Grenze ging, bewegte der Regulator einen Umschalter, schaltete die Maschine ab, und die mit der Maschine parallel geschaltete Batterie übernahm die Beleuchtung allein. Bei erhöhter Geschwindigkeit wurde die Maschine wieder eingeschaltet. Diese Anordnung erwies sich jedoch als zu komplicirt und wenig zuverlässig und wurde nach einigen Monaten Betrieb wieder aufgegeben.

Die württembergische Staatsbahn liess sich gleichfalls zu jener Zeit von der Elektrotechnischen Fabrik Cannstatt nach dem Vorschlag von Professor Dietrich in Stuttgart einen Zug einrichten, welcher zwischen Stuttgart und Hall verkehrte.

In jedem Wagen befanden sich zwei Batterien, von denen die eine die Lampen speiste, während die andere sich in Ladung befand. War die erstere entladen, so wurde die frisch geladene in die Lichtleitung geschaltet. Die Grösse der Batterie war für eine 5stündige Brenndauer berechnet. Durch den Zug ging eine Hauptleitung, an welche die Batterien angeschlossen wurden, welche geladen werden sollten, während diejenigen Batterien, welche die Lampen speisten, keine Verbindung unter einander hatten. Sobald die Zuggeschwindigkeit so weit gesunken war, dass die Maschine keinen Strom für die zu ladende Batterie zu geben vermochte, wurde die Maschine selbstthätig ausgeschaltet, damit die Batterie sich nicht bei weiter sinkender Spannung der Maschine in die letztere entladet, wie sie auch beim Anwachsen der Geschwindigkeit selbstthätig eingeschaltet wurde. Der

selbstthätige Stromregulator bestand aus einer Spule, durch welche der Hauptstrom der Dynamomaschine ging. Durch die Wirkung des Stromes wurde ein Eisenkern in die Spule gezogen, dessen Bewegung sich auf eine Welle übertrug. Auf dieser Welle sassen schraubenförmig angeordnet mehrere Kontaktmesser, von welchen je nach der Stellung der Welle oder des Kerns die einen oder die anderen in Quecksilberrinnen eintauchten. Hierdurch wurden mehr oder weniger Widerstandsspiralen in den Stromkreis der Magnete der als Nebenschlussmaschine gewickelten Dynamomaschine eingeschaltet. Durch Einschalten von Widerständen wurde der Magnetismus geschwächt und ein weiteres Steigen der Maschinenspannung verhindert.

Der selbstthätige Ausschalter bestand aus einer Spule mit zwei Wickelungen: eine Wickelung mit dickem Draht lag im Hauptstrom, die andere mit dünnem Draht im Magnetstromkreis der Dynamomaschine. Beide Wickelungen waren gleichsinnig vom Strom durchflossen. Der in der Spule steckende Eisenkern wurde, so lange kein Strom in der Spule war, durch ein Gegengewicht in die Höhe gehalten. Mit allmählich zunehmender Zuggeschwindigkeit begann die Maschine jedoch sich im Magnetstromkreis zu erregen; hierdurch erhielt auch die in diesem Stromkreis liegende Wickelung der Ausschalterspule Strom. Sobald eine bestimmte Zuggeschwindigkeit erreicht wurde und die Maschine eine hohe Klemmenspannung erlangt hatte, zog die Spule den Kern nach unten. Dabei tauchte ein Kupferbügel, welcher am unteren Ende des Kerns befestigt ist, in zwei Quecksilbernäpfe; hierdurch wurde der Kontakt geschlossen und die Akkumulatoren auf Ladung geschaltet.

Die Dynamomaschine gab bei Vorwärts- und Rückwärtsgang den Strom in derselben Richtung. Es wurde dies dadurch erreicht, dass die senkrecht auf dem Kollektor aufstehenden Bürsten bei jedem Wechsel der Fahrtrichtung durch die Reibung auf dem Kollektor bis zu einem Anschlag in die für die Drehrichtung und die Stromstärke passende Stellung mitgenommen wurden.

Durch die Anordnung, dass das Licht lediglich von Batterien gespeist wurde, war natürlich ein absolut ruhiges Brennen der Lampen erzielt, was bei den bisher beschriebenen Systemen nicht der Fall war.

Immerhin wurde auch diese Einrichtung bald wieder aufgegeben, da die Instandhaltung zu schwierig und die Betriebskosten wahrscheinlich infolge der unvollkommenen Batterien zu hoch waren. —

Auch auf der Oesterreichischen Südbahn haben derartige Versuche stattgefunden und zwar nach einer von de Calo angegebenen Anordnung. Bei derselben war die Regulirung gleichfalls durch einen

Centrifugalregulator wie bei der Anlage von Loebbecke und Oestreich bewirkt. Aber auch dieses System wurde bald aufgegeben.

Die neueste Anordnung für Beleuchtung geschlossener Züge rührt von Emil Dick, Ingenieur in Wien, her. Es ist nach dieser Anordnung ein Zug der österreichischen Staatsbahn der Strecke Wien-St. Pölten im Jahre 1897 durch die Firma Wüste & Rupprecht in Wien eingerichtet worden, bestehend aus 12 Personenwagen und 1 Gepäckwagen. Der Zug besitzt eine Dynamomaschine im Gepäckwagen, während jeder Wagen mit einer Batterie versehen ist, die in einem Behälter am Wagenuntergestell untergebracht ist. Die Dynamomaschine befindet sich jedoch nicht im Wagen selbst, sondern ist am Wagenuntergestell angebracht. Ihre Aufhängung ist in gleicher Weise ausgeführt wie die eines Strassenbahnmotors. Der Antrieb erfolgt wie bei diesem von der Wagenachse durch eine Zahnradübersetzung, die Regulir- und Schaltapparate sind im Wagen selbst untergebracht; dieselben bestehen aus einem Umschalter, einem Ein- und Ausschalter, einem Dynamoregulator und einem Relais, welche alle selbstthätig wirken. Fig. 25 zeigt das Schaltungsschema der betr. Anlage.

Die Regulierung der Spannung und Stromstärke der Dynamomaschine erfolgt durch Veränderung der Feldstärke der Magnete.

An der durch den Zug gehenden Hauptleitung sind die Batterien und Lampen der einzelnen Wagen angeschlossen.

Während des Stillstandes des Zuges wird die Magnetwickelung der Dynamomaschine von den parallel geschalteten Batterien erregt und, um die Richtung dieses Erregerstromes auch bei Aenderungen der Fahrtrichtung nicht umzukehren, ist der Umschalter $F$ angeordnet.

Der Apparat besteht aus einem Elektromagnet, zwischen dessen Polschuhen ein Lochanker drehbar gelagert ist; die Wickelung des Ankers ist in den parallelen Ebenen untergebracht. Mit dem Lochanker festgekuppelt ist der doppelarmige Hebel, an dessen Enden je eine Verbindungsstange beweglich angeordnet ist. Die beiden Stangen besitzen auf der unteren Seite Querträger, in welchen je zwei isolirte Kontaktstifte befestigt sind; die beiden vorderen Stifte sind durch ein flexibles Kupferband, die beiden hinteren Stifte durch ein gleiches Band leitend mit einander verbunden. Die Stifte ragen in die dazugehörigen, eisernen Quecksilbernäpfe hinein; diese Näpfe sind zur Führung der Stifte, wie zur Verhinderung event. Hinausschleuderns des Quecksilbers mit isolirten Abschlussdeckeln versehen.

An der linken Verbindungsstange befindet sich eine vom Gestell isolirte, mit Kontaktmantel versehene Kontaktwalze $w$, welche in der Ruhelage des Apparates eine Verbindung zwischen den Lamellen $w^1$, $w^2$ herstellt; diese Lage wird durch vier einstellbare Spiralfedern

bewirkt, bei welchen die Kontaktstifte mit den dazu gehörenden Quecksilbernäpfen nicht in Berührung kommen.

Während der Elektromagnet durch den Akkumulatorenstrom beständig erregt ist, empfängt der Lochanker nur dann Strom, wenn die Dynamomaschine in Betrieb gelangt; man erhält somit je nach der Spannung, trotz der geringen Erregung des Magnetfeldes der Dynamo am Lochanker ein Drehmoment, durch welches er der Stromrichtung entsprechend die Kommutierung bewirkt.

Um nach erfolgter Herstellung richtiger Verbindung durch den Kommutator die Zu- und Abschaltung der Dynamo im gegebenen Momente hervorzurufen, ist der automatische Ein- und Ausschalter *B*

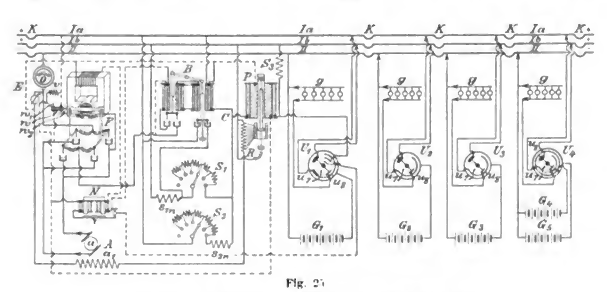


Fig. 2?

Schaltung des Systems Dick für den geschlossenen Zug.

angeordnet, welcher erst in Thätigkeit tritt, sobald die Dynamomaschine eine bestimmte Klemmenspannung erreicht hat.

Das Princip dieses Apparates ist aus dem Schaltungsschema ersichtlich; ein Balancier trägt an beiden Enden je einen Eisenkern; während nun der rechte Stab mit einem regulirbaren Gegengewicht versehen ist, das zugleich den Spielraum der Bewegung begrenzt, trägt der linke wie auch der rechte Kern je eine Kontaktgabel. Die linke Gabel stellt die Verbindung mit der Batterie her, die rechte verbindet jedoch im Zustande der Ruhe die beiden Hauptleitungen Ia und Ib unter Zwischenschaltung des geringen Widerstandes $S_{1\,n}$. Die Eisenkerne tauchen in Solenoide ein, die ihrerseits mit je drei von einander unabhängigen Wickelungen versehen sind; die innerste und mittlere Wickelung besteht aus dünnem Draht, erstere ist an die Hauptleitung (damit auch an die parallel angeschlossenen Batterien), letztere an die Dynamomaschine angeschlossen. Die äusserste Wickelung ist aus

dickem Draht hergestellt. Die innerste Wickelung hat nun den Zweck, die Eisenkerne zu polarisiren und zwar derart, dass beständig dieselben Magnetpole an beiden Eisenkernen vorhanden sind; die mittlere Wickelung bewirkt die Zu- und Abschaltung der Maschine an die Hauptleitung.

Sobald die Dynamo durch die Kontaktvorrichtung an die Hauptleitung angeschlossen ist, durchfliesst der Hauptstrom der Maschine sofort auch die äusserste, dicke Wickelung und verstärkt die Anziehungskraft auf den Kontaktarm umsomehr, je grösser die von der Maschine abgegebene Stromstärke ist. In analoger Weise wie bei der Zuschaltung erfolgt auch die Abschaltung der Dynamomaschine von der Hauptleitung und den Batterien beim Herabgehen der Maschinenspannung; einestheils verringert sich die Anziehungskraft der mittleren, wie bis zu einem gewissen Grade der innersten Wickelung, andererseits verringert sich die Anziehungskraft der äusseren Wickelung, denn allmählich geht die Stromstärke der Maschine auf Null herab, um unter Umständen den entgegengesetzten Werth anzunehmen. Der dabei auftretende Rückstrom in die Maschine, welcher selbstredend nur einen Moment andauern kann, sichert im selben Augenblicke die Abschaltung.

Zur Erreichung einer einfachen Anordnung der Magnetwickelung der Maschine erfolgt die Regulirung der Spannung sowohl, wie auch der Stromstärke, einzig durch Veränderung des Erregerstromes.

Der automatische Dynamoregulator *P*, welcher von Stromabgabe und Spannung der Maschine direkt abhängig ist, bewirkt selbstthätig die jeweilig benöthigte Aenderung des Widerstandes des Erregerstromkreises. Er besteht dem Wesen nach aus einem in einem Solenoid befindlichen Eisenkerne, welcher, entsprechend den auf ihn wirkenden Ampèrewindungen, in verschiedenen Lagen gehalten wird. Mit dem unteren Ende taucht der Kern in einen Hohlcylinder, welcher aus über einander gelagerten, durchlochten Eisenscheiben besteht, die durch Zwischenschaltung von Glimmerscheiben von einander isolirt und fest zusammengepresst sind. Jede Scheibe ist mit einem Ableitungskabel versehen, welches nach dem zugehörenden Elemente des Regulirwiderstandes führt. Am oberen Ende trägt der Eisenkern einen Kolben, welcher in einer dicht abgeschlossenen Hülse gleitet und lediglich zur Abdämpfung allzu heftiger Bewegungen dient.

Der Eisenkern wird von zwei Wickelungen beeinflusst; die innere Wickelung besteht aus dünnem, die äussere aus dickem Draht; beide Wickelungen unterstützen einander. Die innerste Wickelung ist bei Stillstand des Zuges allein wirkend, während der Fahrt jedoch in Verbindung mit der äusseren Wickelung in Thätigkeit; die äussere

Wickelung wird nur bei Stromabgabe der Dynamomaschine von einem Theilstrom durchflossen.

Von ebenso grosser Wichtigkeit wie die beschriebenen Apparate ist das Relais *N*, dem die Aufgabe zufällt, bei beendigter Ladung der Akkumulatoren eine Verminderung der Dynamospannung indirekt zu bewirken. Im wesentlichen bildet dieser Apparat einen Hufeisen-Elektromagneten, der auf jedem Schenkel eine Magnetisirungsspule trägt. Sobald die Zellenspannung der Akkumulatoren ca. 2,5 Volt erreicht hat, wird durch die Wirkung der rechten Spule an dem betreffenden Magnetschenkel ein Anker angezogen, der dann im selben Moment einen Kontakt herstellt, durch welchen nun auch die linke Spule Strom empfängt. Das Relais tritt erst bei beendeter Ladung der Batterien in Thätigkeit, während der Stromabgabe der Dynamomaschine an die Lampen hingegen bleibt dasselbe abgeschaltet.

Der ganze Apparatensatz mit den dazu gehörigen Widerständen und Messinstrumenten ist in einem eichenen Apparatenschranke oberhalb der Dynamomaschine untergebracht; die äusseren Dimensionen des Schrankes sind die folgenden:

Höhe 1200 mm, Breite 820 mm, Tiefe 260 mm.

Jeder Wagen ist mit einer aus 36 Elementen bestehenden Batterie ausgerüstet. Die maximale Ladestromstärke der Akkumulatoren beträgt 7 Amp.; ihre Kapacität von 40 Ampèrestunden reicht aus, um sämmtliche Lampen des zugehörenden Wagens durch mehr als acht Stunden selbstständig, also auch bei beliebiger Verwendung des Wagens in irgend einem anderen Zuge, zu speisen.

Jede Batterie ist in einem Holzkasten am Untergestelle des Wagens angebracht und wiegt sammt dem Kasten ca. 180 kg. Der letztere ist mit Oeffnungen für den freien Abzug der bei der Ladung auftretenden Gase und sowohl innen als aussen mit einem zweckdienlichen Anstrich versehen.

Die Schaltung ist in der Weise durchgebildet, dass auch in denjenigen Fällen, wo der Zug nur während der Nacht im Verkehre steht, die Batterien von der Dynamomaschine aufgeladen werden und selbst bei solchen Zügen, bei welchen Tag und Nacht Beleuchtung in den Wagen erforderlich ist, das System zur Anwendung gelangen kann.

Bei Stillstand des Zuges cirkulirt ein schwacher Strom von den parallel geschalteten Batterien aus über die negative Hauptleitung durch die Magnetwickelung des Umschalters *F*, die rechte Spule des Relais *N* und die innerste Wickelung des automatischen Ein- und Ausschalters *B* zur positiven Hauptleitung I a zurück; im selben Sinne geht ein schwacher Strom durch die dünne Wickelung des Dynamoregulators *P* über die Kontaktwalze *w*. Infolgedessen wird der Eisen-

kern des Regulators bei Stillstand in die Höhe gezogen und Widerstand in die Erregerleitung der Dynamomaschine eingeschaltet, wodurch der Wattverlust auf ein Minimum reducirt wird. Bei anhaltender, etwa mehrtägiger Betriebssistirung dient der Ausschalter $E$ zur Vermeidung unnötigen Stromverbrauchs.

Zuerst werden die Widerstände $S_1$ und $S_2$, der ungefähren Anzahl Lampen und Batterien entsprechend, eingestellt; der Maschinenumschalter $U_1$, wie auch die Umschalter $U_2$, $U_3$, $U_4$, dienen für Tag- und Nachtbetrieb.

In der einen Lage der Kontaktfedern $u_7$, $u_8$ sind die Glühlampen abgeschaltet und alle Batterien an die Ladeleitung I a angeschlossen. Bei eingeschalteten Glühlampen hingegen wird der eine Theil aller Batterien auf Beleuchtung, resp. Ausregulirung, der restirende auf Ladung geschaltet.

Sobald der Zug und damit die Armatur der Maschine in Bewegung gelangt, herrscht bei dem vorhandenen, schwachen Feld der Dynamomaschine an den Bürsten eine Spannung, wie sie der Tourenzahl und Erregung entspricht. Die Ankerwickelung des Kommutators $F$ wird von Strom durchflossen, wodurch eine Drehung des Kontaktsystems entweder nach der einen oder anderen Seite, der Fahrt und Stromrichtung gemäss, stattfindet.

Bei der Drehung aber verlässt die Kontaktwalze $w$ die zugehörenden Lamellen, und der Strom geht jetzt nicht allein durch die dünne Wickelung des Dynamoregulators, sondern auch noch in Serie mit dem grossen Widerstande $v$. Da die auf den Eisenkern einwirkenden Ampèrewindungen nun bedeutend kleiner geworden sind, so sinkt derselbe herunter und schliesst alle Elemente des Regulirwiderstandes kurz, worauf die Magnetwickelung $a_1$ der vollen Spannung der Batterie ausgesetzt wird. Nach dem Einspielen des Kommutators wird sofort die mittlere Spule des Ein- und Ausschalters $B$ Strom erhalten, und wenn die Zuggeschwindigkeit einen bestimmten Werth, z. B. 20 km pro Stunde, erreicht, ist die Klemmenspannung der Dynamomaschine etwas höher als die der Batterien, und der Apparat $B$ muss die Zuschaltung der Maschine an die Hauptleitung und die Batterien bewirken.

Erhöht sich die Zuggeschwindigkeit weiter, dann vergrössert sich auch die an die Batterien abgegebene Stromstärke bis zu einem bestimmten höchsten Werthe, der Ladestrom umfliesst dementsprechend die äusserste (dicke) Wickelung des Ein- und Ausschalters, was infolge der Einwirkung einer vermehrten Ampèrewindungszahl erst recht das Verharren der Kontaktgabel in der Einschaltestellung bedingen muss.

Nach dem Verlassen der dicken Wickelung des automatischen Ein- und Ausschalters verzweigt sich der Ladestrom in drei Theilströme, welche sich an der positiven Hauptleitung wieder vereinigen. Der eine Zweig wird aus dem Ladewiderstande $S_2$, der zweite aus dem Beleuchtungswiderstande $S_1$ mit dem in Serie geschalteten Widerstande $S_3$ und der dritte Zweig aus dem Widerstande der äusseren Wickelung des Dynamoregulators gebildet.

Der Dynamoregulator wird nun derart beeinflusst, dass bei einem Stromdurchgange von 4 Amp. durch die äussere Wickelung des Dynamoregulators und bei einer Spannung von 90 Volt zwischen der Hauptleitung Ia — II der grösste Theil des Regulirwiderstandes in die Erregerleitung zugeschaltet wird. Da der maximale Spannungsverlust in den drei Zweigen ca. 8 Volt beträgt, werden die Theilströme in den drei Zweigen durch deren Widerstände bestimmt. Die totale, an die Batterien abgegebene Stromstärke J ist daher gleich der Summe der Stromstärken der einzelnen Zweigströme. Mit Hilfe des zu variirenden Widerstandes $S_2$ ist es möglich, die Ladestromstärke in beliebigen Grenzen zu verändern, ohne jedoch das Wesen der Regulirung zu beeinträchtigen; der Zug kann demnach aus beliebig vielen Wagen zusammengestellt sein. Während der Zuschaltung der Dynamo auf die Batterien hat aber diese Kombination von Widerständen ausserdem noch den Zweck, einen Stromstoss abzudämpfen, wodurch die Rückwirkung auf die Dynamo resp. Zahnräder geschwächt wird.

Bezüglich der Regulirung der Ladestromstärke wird bemerkt, dass infolge der Einwirkung der beiden Wickelungen auf den Eisenkern des Dynamoregulators die Stromstärke pro Zelle nie die zulässige Höhe übersteigt und die Ladestromstärke nur ein wenig mit zunehmender Zuggeschwindigkeit zunimmt, trotzdem die Tourenzahl der Armaturen in den Grenzen von 400—1600 pro Minute und mehr variirt.

Die Wirkungsweise der Apparate bei beendeter Ladung besteht darin, dass, sobald die Zellenspannung die Höhe von ca. 2,5 Volt erreicht hat, der Anker des Relais angezogen wird, indem mit steigender Spannung an der Hauptleitung die Anziehungskraft der rechten Relaisspule die Gegenkraft der schon erwähnten Feder überwiegt. Ist aber die Kontaktfeder mit dem zugehörenden Stift am Relais in Berührung gekommen, dann wird die magnetische Anziehungskraft der inneren Wickelung des Dynamoregulators durch die Verminderung des in diesem Nebenschluss-Stromkreis gelegenen Widerstandes erheblich verstärkt, wobei der Eisenkern des Dynamoregulators eine relativ höhere Lage annehmen muss. Hiermit wird, entsprechend dem Dazwischenkommen einer grösseren Anzahl von Widerstandselementen, der Erregerstrom der Dynamo geschwächt und die Spannung geht auf ca. 2,2 bis

2,4 Volt pro Zelle zurück, womit gleichzeitig die Ladestromstärke gleich Null wird. Da aber die jetzt auftretende Spannung immer noch mehr als 75 Volt beträgt, wird ein Abschalten der Maschine in Uebereinstimmung mit der an früherer Stelle gegebenen Erläuterung auch weiterhin nicht erfolgen, es sei denn, dass die Zuggeschwindigkeit unter 20 km pro Stunde herabgeht.

Um ein Abspringen des Relaisankers vom Kontaktstifte, hervorgerufen durch die reducirte Spannung, und um ein beständiges Vibriren des Ankers zu vermeiden, besitzt das Relais eine zweite linke Spule, welche die Wirkung der rechten unterstützt und ein Festhalten des Ankers am Kontakte verursacht.

Verlangsamt der Zug beim Annähern an eine Haltestelle seine Geschwindigkeit, dann wird in einem bestimmten Augenblicke der Uebergang unter die kritische Tourenzahl der Wagendynamo vor sich gehen, nach welchem der automatische Ein- und Ausschalter in Funktion tritt und die Maschine abgeschaltet wird; der Anker des Relais schnellt nunmehr in seine Ruhelage zurück.

Nach Wiederaufnahme der Fahrt kann sodann das Spiel von neuem beginnen.

Soll jedoch der Lichtbetrieb beginnen, so besorgt der Schaffner die Vierteldrehung an den Umschaltern in den einzelnen Wagen wie am Maschinenumschalter $U_1$ im Generatorwagen, wodurch alle Lampen mit Strom versorgt werden. Bei stillstehendem Zuge decken sodann die Batterien den Strombedarf der Lampen, weil die beiden positiven Hauptleitungen, unter Zwischenschaltung eines ganz kleinen Widerstandes, mit einander durch die rechte Kontaktgabel des automatischen Ein- und Ausschalters verbunden sind; demnach wirken in der Periode der stärksten Beanspruchung alle Batterien gemeinschaftlich zur Stromabgabe an die Lampen mit.

Indem nunmehr infolge geänderter Stellung der Kontaktfedern am Maschinenumschalter die Abzweigung vom Ende der äusseren Wickelung des Dynamoregulators und die Verbindung mit dem Relais unterbrochen wurde, ist nun ein konstanter Widerstand $S_3$ in Serie mit der Wickelung des Dynamoregulators geschaltet.

Nachdem der Zug eine genügende Geschwindigkeit erlangt hat, werden die Eisenkerne des automatischen Ein- und Ausschalters in die Solenoide hereingezogen, wobei die rechte Kontaktgabel die Verbindung unterbricht, um weiterfolgend die Verbindung der Dynamomaschine mit der Hauptleitung zu bewerkstelligen.

Nach Ueberschreiten der Zuggeschwindigkeit von ca. 20 km pro Stunde bestreitet die Dynamo zum grössten Theil die Speisung der Glühlampen; dem einen Theil der Batterien fällt hierbei die wichtige

Rolle der Regulierung, d. h. der Erzielung einer nahezu konstanten Lichtspannung, zu.

Diese Beschreibung ist einem Vortrage des Herrn Emil Dick entnommen, welchen derselbe im Elektrotechnischen Verein in Wien gehalten hat, und welcher in der Zeitschrift für Elektrotechnik in Wien im März 1899 veröffentlicht worden ist. —

An Stelle des Antriebes der Dynamomaschine von der Wagenachse hat man auch besondere Dampfmaschinen zum Antriebe im Gepäckwagen des Zuges aufgestellt und den erforderlichen Dampf von der Lokomotive entnommen. Anlagen dieser Art hat z. B. die Pennsylvania Rail Road für die »Chicago limited trains« zwischen New-York und Chicago, ebenso die Chicago Milwaukee und St. Paul Railway für die Züge zwischen Chicago und St. Paul und zwischen Chicago und Omeha geschaffen.

Bei ersteren Zügen sind Brotherhood-Maschinen mit drei Cylindern sowie eine Dynamomaschine von 80 Amp. bei 80 Volt Leistung in Verwendung.

Da jedoch bei diesen Anordnungen ein Maschinist den Zug begleiten muss, so sind dieselben im Betriebe theuer, und erstreckt sich ihre Anwendung im wesentlichen auf Luxuszüge. Das Gleiche gilt natürlich auch für die Anlagen, bei welchen ein besonderer Dampfkessel Verwendung findet. Letztere Einrichtung ist für die Hofzüge der Kaiser von Oesterreich und von Russland getroffen.

Auf der sibirischen Bahn sollen die Züge gleichfalls eine vollständige elektrische Centrale mit sich führen, bestehend aus einem Dampfkessel, einer Dampfturbine und einer Dynamomaschine.

---

## V. Kapitel.

# Elektrische Einzelwagenbeleuchtung mit Dynamomaschinen.

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Systeme sind sämmtlich für Beleuchtung geschlossener Züge konstruirt. Angesichts des geringen Erfolges der beschriebenen Systeme ist man nicht bestrebt gewesen, die geschaffene Anordnung durch allmähliche Verbesserung und Vereinfachung zu vervollkommnen.

Die neueren Anordnungen mit Dynamomaschine sind in Berücksichtigung der Anforderungen des Betriebes, um die Möglichkeit einer allgemeineren Verwendung zu geben, fast alle für Einzelwagenbeleuchtung durchgeführt.

Bei Einzelwagenbeleuchtung ist es natürlich nicht möglich, die Dynamomaschine im Wagen selbst aufzustellen, wie es bei den beschriebenen Systemen mit Ausnahme des Systems Dick der Fall war, sondern die Dynamomaschine muss unterhalb des Wagens am Wagenuntergestell angebracht werden. Dies hat allerdings den Nachtheil, dass die Maschine vollständig den Witterungseinflüssen, Staub, Schmutz und Feuchtigkeit ausgesetzt und schwer zugänglich ist. Indess ist dieser Uebelstand gegenwärtig weniger schwerwiegend, da durch die Ausbildung des Strassenbahnwesens Konstruktionen von Maschinen vorhanden sind, welche fast funkenlos arbeiten und vollständig staub- und wasserdicht eingekapselt sind. Es existiren gegenwärtig eine grosse Anzahl von Anordnungen für Einzelwagenbeleuchtung, von denen die wichtigsten im folgenden beschrieben werden sollen.

Das erste System dieser Art scheint dasjenige von J. N. Lewis zu sein, mit welchem einige Wagen der Chesapeake & Ohio-Railway im Jahre 1893 ausgerüstet worden waren. Die Dynamomaschine, welche 50 Amp. bei 25 Volt leistete, wurde mit Riemen von der Wagenachse angetrieben. Die Feldmagnete hatten eine Wickelung von dünnem Draht, sowie eine Hauptstromwickelung, welche in entgegengesetzter

Richtung vom Strom durchflossen wurde. Die Batterie, bestehend aus 12 Elementen, stand bei der Fahrt mit der Nebenschlusswickelung in Verbindung. Bei grossen Geschwindigkeitsänderungen betrugen die Spannungsschwankungen nur wenige Volt.

Damit der Ladestrom stets dieselbe Richtung hatte, war ein selbstthätiger Umschalter angeordnet, welcher bei Aenderung der Fahrtrichtung die Pole der Maschine wechselte.

Ein selbstthätiger Ausschalter schaltete die Dynamomaschine, sobald die Geschwindigkeit des Zuges 30 km erreicht hatte, in den Lampenstromkreis. Bei Nachlassen der Geschwindigkeit erfolgte das Ausschalten, damit die Batterie sich nicht in die Maschine entladen konnte.

Wenn auch die Spannungsschwankungen bei dieser Anordnung nur gering sind, so werden dieselben sich doch immerhin sehr empfindlich im Lichte der Lampen bemerkbar gemacht haben.

Die Regulirung der Spannung ist bei den im Folgenden beschriebenen Systemen wesentlich genauer.

## Das System Stone.

Dasselbe ist von dem Ingenieur Gill der Firma J. Stone & Co. in London-Deptford ausgearbeitet. Stone verwendet eine am Wagenuntergestell pendelnd aufgehängte Dynamomaschine, welche von einer Wagenachse mittels Riemen angetrieben wird. Die Spannung des Riemens kann durch Handrad vom Wageninnern aus regulirt werden. Ausserdem befinden sich am Wagenuntergestell noch die Akkumulatoren. Solange der betreffende Wagen steht oder eine bestimmte Geschwindigkeit noch nicht erreicht hat, sind die Glühlampen an die Akkumulatorenbatterie angeschlossen und erhalten von dieser den Strom. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit, bei welcher die Spannung der Dynamomaschine gleich der der Batterie ist, wird durch einen auf der Achse der Dynamomaschine sitzenden Centrifugalregulator ein Ausschalter bethätigt und der äussere Stromkreis geschlossen. Bei weiterer Steigerung der Spannung ladet die Maschine die Batterie und speist gleichzeitig die Lampen, wobei in den Lampenstromkreis ein kleiner Widerstand eingeschaltet wird. Steigt die Geschwindigkeit des Wagens jedoch über eine gewisse Grenze, was bewirken würde, dass die Spannung der Maschine für die Batterie und die Lampen zu hoch wird, so wird die Dynamomaschine infolge ihrer excentrischen Aufhängung aus ihrer Ruhelage gebracht und nähert sich der Riemenscheibe. Infolgedessen beginnt der Riemen zu gleiten, und die Spannung der Maschine steigt nicht mehr, sondern bleibt konstant.

Der Umschalter ist so konstruirt, dass bei dem Wechsel der Fahrtrichtung die Pole der Dynamomaschine ebenfalls vertauscht werden.

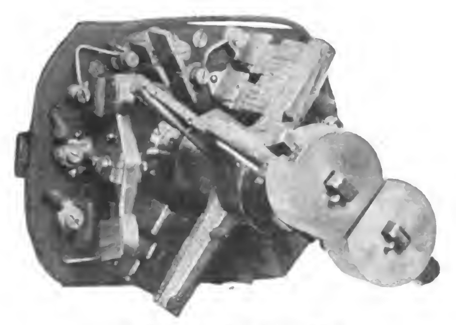


Fig. 26. Schaltbrett für das System Stone

Die verschiedenen Umschaltungen werden von dem Centrifugalregulator mit Hilfe eines dreiarmigen, dreh- und verschiebbaren Kontaktarmes an dem Schaltbrett bewirkt.



Fig. 27. Schaltbrett für das System Stone.

Das Schaltbrett (Fig. 26, 27, 28) [1]) aus hartem Holz ist an der Kollektorseite der Dynamomaschine an den Elektromagnetpolen befestigt und besitzt vier Reihen von U-förmigen Kontaktklemmen 1, 2, 3, 4, 5, 1′, 2′, 3′, 4′, 5′, einen Umschalter *U* und einen Ausschalter *A*. Die Backen der Klemmen 3 und 3′ sind 5 mm kürzer als die Backen der übrigen Klemmen, während je eine äussere Backe der Klemmen 2, 5 und 2′, 5′ bedeutend verlängert ist.

In die Kontaktklemmen werden die kammähnlichen Kontaktfedern *CC*, welche von einander isolirt an den Armen *I* und *II* der Buchse *L* angebracht sind, hineingepresst. Ein dritter Arm *III* bethätigt den Umschalter *U*, und der Rand *H* der Buchse greift in das gabelförmig gestaltete Hebelende des Ausschalters *A* ein. Die Drehung der Buchse *L*, welche von der Ankerwelle *W* durch die eigene Reibung mitgenommen wird, wird durch die verlängerten Backen der Kontakte 2, 5 und 2′, 5′ begrenzt, gegen welche sich die Kontaktfedern *C C* legen. Nach dem Centrifugalregulator hin ist die Buchse *L* durch einen losen, konischen Kopf *K* mit zwei Nuten abgeschlossen, welche den beiden gebogenen Hebeln *R* des Centrifugalregulators zur Führung dienen. *S* $S_1$ sind die Schwungmassen und *N* die Federn des letzteren.

Eine kräftige Feder *F* presst die Buchse *L* gegen die Hebel des Centrifugalregulators. Bei Stillstand der Maschine schiebt die Feder *F* die Buchse nach dem Centrifugalregulator hin, die Kontaktfedern *C* kommen ausser Eingriff mit den Kontaktbacken des Schaltbrettes, während

Fig. 28
Schaltbrett f. d. System Stone.

[1]) F. Grünwald, Elektrische Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen nach dem System Stone. Elektrotechn. Anzeiger 1900, Heft 38 und 39.

der Rand *H* der Buchse den Hebel des Schalters *A* mitnimmt und hierdurch die Einschaltung bewirkt. Läuft die Maschine, so überwindet die Centrifugalkraft des Regulators die Kraft der Feder *F*, und die Kontaktfedern werden in diejenigen Klemmen, gegen welche sie sich infolge der Drehung der Ankerwelle gelegt hatten, hineingepresst. Gleichzeitig bewirkt der von dem Rand *H* der Buchse *L* mitgenommene Hebel die Ausschaltung des Schalters *A*, und der Arm *III* die Umschaltung des Umschalters *U*, wenn sich die Drehrichtung des Ankers entsprechend der Zugrichtung geändert hat. Bevor jedoch die Kontaktfedern zum vollen Eingriff mit den zugehörigen Backen gelangen, haben sie sich gegen die etwas längeren Backen 1, 2, 4, 5 oder 1′, 2′, 4′, 5′ des Schaltbrettes gelegt, wodurch die Feldmagnete durch den Akkumulatorenstrom vor Einschaltung des Ankers erregt werden. Umgekehrt wird bei dem Rückgang des Centrifugalregulators zuerst der Anker und dann die Nebenschlusswickelung der Elektromagnete ausgeschaltet.

Die S c h a l t u n g e n. Die verschiedenen Schaltungen, welche sich aus der Aenderung der Fahrtrichtung des Zuges und der Drehrichtung der Dynamomaschine, der Ladung und Entladung der Akkumulatoren, dem Ein- und Ausschalten der Lampen und der Beendigung des Betriebes selbst ergeben, sind aus den beigefügten Schemata Fig. 29—33 zu erkennen.

Der Kollektor der Dynamomaschine, auf welchem die beiden Kohlenbürsten + und — schleifen, ist mit *D*, die Nebenschlusswickelung der Elektromagnete mit *M* bezeichnet. Zur besseren Veranschaulichung ist der Centrifugalregulator fortgelassen und an Stelle des Armes *III* und des Randes *H* der Buchse *L* (Fig. 28) ein Sektor *III H*, welcher durch seine Drehung und Verschiebung in der Richtung der Ankerwelle die beiden Schalter *A* und *U* bethätigt, gezeichnet. Der Umschalter *U* steht mit dem Lampenumschalter *L U* und der Schalter *A* mit den zwei verschieden grossen Abtheilungen $W_1$ $W_2$ eines Metallwiderstandes *W* in Verbindung. Mit Hilfe des Lampenumschalters *L U* kann jeder der beiden Lampenstromkreise *L* für sich oder zusammen eingeschaltet und die beiden Batterien $B_1$, $B_2$ können parallel geschaltet werden.

Den verschiedenen Vorgängen entsprechen die folgenden Schaltungen:

Schaltung I (Fig. 29). Zug fährt von rechts nach links; Ladung der Akkumulatoren; Lampen brennen nicht mit. Beide Batterien sind durch den Umschalter *L U* parallel geschaltet. Widerstand *W* ist kurz geschlossen und daher wirkungslos.

Infolge der Drehung der Ankerwelle liegt der Doppelarm *I II* gegen die Kontakte 2 und 5 und berührt zuerst, durch den Centrifugalregulator bei erhöhter Zuggeschwindigkeit vorgeschoben, die Kon-

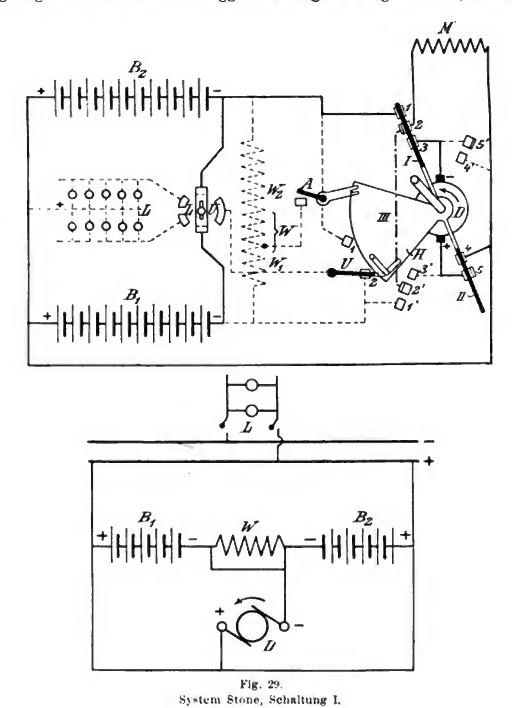



Fig. 29.
System Stone, Schaltung I.

takte 1, 2, 4, 5, so dass die Magnete *M* der Dynamo durch den Akkumulatorenstrom erregt werden. Dann wird Kontakt 3 und hiermit der Dynamoanker *D* mit den Akkumulatoren parallel geschaltet.

Durch den Sektor *III H* ist Schalter *A* ausgeschaltet, Umschalter *U* steht auf Kontakt 2.

Schaltung II (Fig. 30). Zug fährt in derselben Richtung; Parallelbetrieb der Dynamomaschine mit den Akkumulatoren; Lampen brennen. Durch den Umschalter *L U* sind die Lampenstromkreise mit

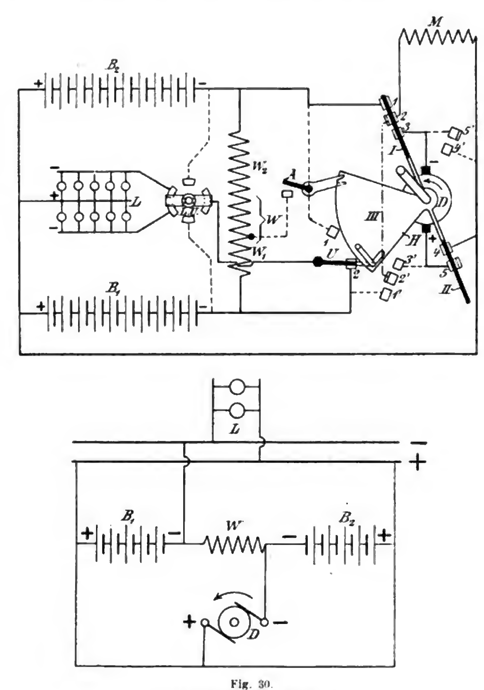



Fig. 30.
System Stone, Schaltung II.

dem Umschalter *U* verbunden. Der Doppelarm *I II* berührt die Kontakte 1, 2, 3, 4, 5, Schalter *A* ist ausgeschaltet, Umschalter *U* berührt Kontakt 2. Die Lampen *L*, die beiden Batterien $B_1$, $B_2$ und die Dynamomaschine *D* sind parallel geschaltet, doch ist zwischen die

negativen Pole der Batterien der Widerstand $W$ eingeschaltet, um die höhere zur Ladung der Batterie $B_2$ erforderliche Maschinenspannung der Lampenspannung gleich zu machen. Während also Batterie $B_2$ geladen wird, liefern Batterie $B_1$ und die Dynamomaschine gemeinsam den für die Lampen erforderlichen Strom.

Schaltung III (Fig. 31). Der vorher von rechts nach links gefahrene Zug steht; Lampen brennen. Der Doppelarm *I II*, welcher die Kontakte 1, 2, 3, 4, 5 berührt hat, wird durch die von dem Centrifugalregulator entlastete Feder *F* (Fig. 28) von dieser entfernt, gleichzeitig Schalter *A* geschlossen, während Umschalter *U* die alte Stellung beibehält. Die Dynamomaschine wird hierdurch ausgeschaltet und die Batterien $B_1$, $B_2$ parallel mit den Lampen *L* geschaltet, doch ist zwischen die negativen Pole der beiden Batterien der Theil $W_1$ des Widerstandes *W* geschaltet, um die höhere Spannung der vorher geladenen Batterie $B_2$ derjenigen der in der Entladung begriffen gewesenen Batterie $B_1$ gleich zu machen.

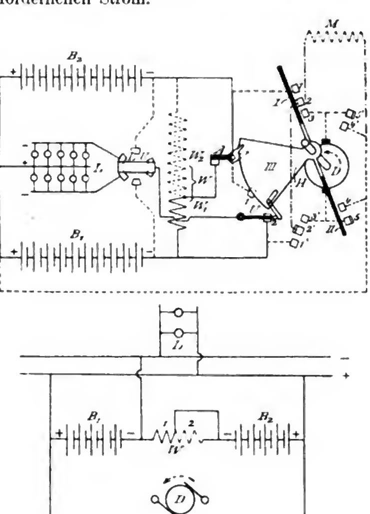



Fig. 31.
System Stone, Schaltung III.

Schaltung IV (Fig. 32). Der Zug ist ausser Betrieb gesetzt; Schalter *A* ist geschlossen; Umschalter *U* berührt je nach der früheren Zugrichtung Kontakt 1 oder 2. Die Maschine ist ausgeschaltet. Die verschiedenen Spannungen der beiden Batterien gleichen sich entweder unmittelbar durch die Verbindung ihrer negativen Pole vermittelst des Umschalters *LU* oder ohne diesen durch den Theil $W_1$ des Widerstandes *W* aus.

Fig. 33 stellt die gleiche Schaltung wie Fig. 32 dar, jedoch fährt der Zug in umgekehrter Richtung. Doppelarm *I II* berührt wieder die Kontakte 1′, 2′, 3′, 4′ und 5′. Schalter *A* ist ausgeschaltet, Umschalter *U* berührt Kontakt 1. Den für die Lampen erforderlichen Strom liefert jetzt Batterie $B_2$ gemeinsam mit der Dynamo, während $B_1$ geladen wird. Bei Umkehr der Zugrichtung findet demnach auch ein Wechsel der Batterie statt.

Die zur Verwendung gelangenden Batterien sind Fabrikat der Electrical Power Storage Co. in London. Die Konstruktion der Platten ist in Fig. 15, der Aufbau des Elementes in Fig. 24 dargestellt. Die auf deutschen Bahnen laufenden Wagen besitzen Batterien mit Oberflächenplatten der Accumulatoren- und Elektricitätswerke A.-G. vorm. W. A. Boese & Co., welche Firma die Vertretung von Stone & Co. für Deutschland besitzt.

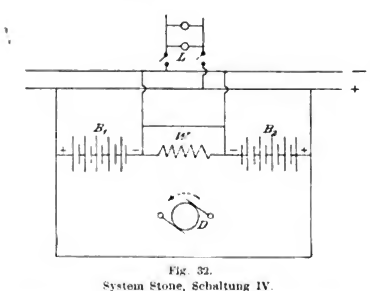



Fig. 32.
System Stone, Schaltung IV.

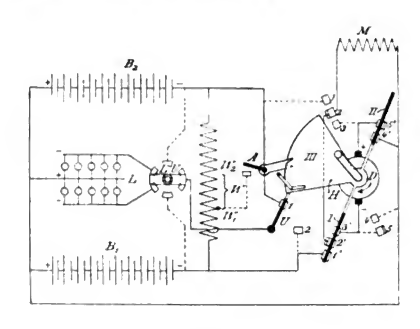
Die Dynamomaschine, welche mit Nebenschlusswickelung der Elektromagnete versehen ist, wird in folgenden drei Grössen hergestellt:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Type | A | für | 16 | Volt und | 25 | Amp. |
| » | B | » | 16<br>24 | » » | 35 | » |
| » | C | » | 25 | » » | 50 | » |

Die Messungen, die von Herrn Professor Dr. W e d d i n g in Charlottenburg an einer Maschine ausgeführt worden sind, ergaben, dass

bei Erhöhung der Umdrehungszahl der Triebwelle auf den doppelten Betrag die Umdrehungen der Dynamomaschine fast ganz konstant geblieben waren.

Das System Stone hat bereits eine sehr ausgedehnte Anwendung, besonders in England, gefunden. Nach Angabe von J. Stone & Co. ist dasselbe bereits auf mehr als 160 Linien eingeführt. Die Zahl der installirten Wagen soll nahezu 5000 betragen.



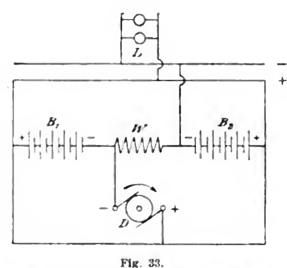


Fig. 33.
System Stone, Schaltung II in entgegengesetzter Fahrtrichtung.

Dem System Stone im Princip gleich ist das System Gould, welches auf amerikanischen Bahnen in Anwendung ist. Bei diesem System befindet sich der Riemen in einem Gehäuse, welches ihn vor Staub und Schmutz schützt.

## Das System Dick.

Um sein System auch für die Beleuchtung einzelner Wagen verwenden zu können, hat Dick einige Aenderungen in der beschriebenen Anordnung der Apparate getroffen.[1]) Die Maschine besitzt eine höchste Leistung von 30 Amp. und 45 Volt bei einer Umdrehungszahl von 400—1600 pro Minute. Der Antrieb erfolgt auch hier durch einfache Zahnradübersetzung im Verhältnisse 1 : 3 von der Wagenachse aus. Das Gewicht der Maschine beträgt 380 kg. Die Apparate bestehen aus einem selbstthätigen Schaltapparat, dem Regulator und zwei Relais, welche in einem Schranke untergebracht sind, von 750 mm Höhe, 550 mm Breite und 185 mm Tiefe.

Der selbstthätige Schaltapparat dient einestheils als Umschalter, um die Pole der Dynamo je nach ihrer mit der Fahrtrichtung wechselnden Lage mit denjenigen der Batterien in Uebereinstimmung zu bringen, gleichzeitig aber auch als selbstthätiger Ein- und Ausschalter zur Zu- und Abschaltung der Dynamomaschine an die Batterien, bezw. Glühlampen, anderentheils aber auch dazu, um bei ausgeschalteter Maschine einen Widerstand, welcher in der Zuleitung zwischen Maschine und Glühlampengruppe liegt, kurz zu schliessen oder denselben bei eingeschalteter Maschine einzuschalten.

Der Apparat besteht aus einem, aus fünf Wickelungen gebildeten Solenoid, welches auf einer Grundplatte befestigt ist. Oberhalb des Solenoides ist ein doppelarmiger Hebel drehbar gelagert, an dessen beiden Enden Zugstangen angelenkt sind, von welchen die links gelegene einen weichen Eisenkern trägt, der bei horizontaler Lage des doppelarmigen Hebels in der Mitte des Solenoides sich befindet. Der vertikale Weg, den der Eisenkern nach beiden Seiten zurücklegen kann, wird durch Arretirmuttern begrenzt, und zwar befinden sich dieselben ober- und unterhalb der Stirnflächen des Solenoides.

Die rechts gelegene Zugstange trägt einen rechteckigen Rahmen, in welchem eine Walze gelagert ist; ein an dieser Stange angebrachtes Gegengewicht bezweckt die genaue Ausbalancirung des ganzen Gestänges.

Auf der unteren Seite des Apparates befindet sich die Kontaktvorrichtung. Diese besteht einestheils aus sechs Quecksilbernäpfen, welche isolirt auf einem Winkel sitzen, anderntheils aus ebensovielen Kontaktstiften, die an der linken und rechten Zugstange gelegen und in Traversen isolirt befestigt sind.

---

[1]) Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien 1901, S. 78 u. s. f.

Die Ableitungen von den Kontaktstiften erfolgen mit Hilfe von äusserst flexiblen Kupferkabeln; diese sind in Lockenform gewickelt und endigen in Ableitungsösen zur Vermittelung eines guten Kontaktes.

In der Ruhelage des Apparates steht der doppelarmige Hebel horizontal. Diese Lage wird durch die Vorrichtung hervorgerufen, die aus dem bereits erwähnten rechteckigen Rahmen mit darin gelagerter Walze besteht, auf welche in entgegengesetzter Richtung zwei einarmige, mit Spiralfedern versehene Hebel pressen, deren Weg durch eine zwischen den Hebeln befindliche Anschlagsäule begrenzt ist.

Infolge dieser Anordnung tritt, je nachdem die Zugstange auf- oder abwärts bewegt wird, der eine oder der andere der federnden Arme in Aktion und ist bestrebt, den Eisenkern in seine Mittellage zurückzuführen, in welcher er auch, wenn keinerlei Kräfte auf ihn wirken, gehalten bleibt.

Um nun den Apparat auf die bestimmte Spannung einzureguliren, dienen Muttern mit gekerbtem Rande, die sich ungefähr in der Mitte des Apparates befinden, mit welchen die Spiralfedern entsprechend gespannt werden können.

Von den fünf Wickelungen führen zwei den Hauptstrom und sind in Serie geschaltet, ebenso die unter diesen Wickelungen befindlichen Zuschaltespulen, und es ist die Stromrichtung in beiden einander entgegengesetzt, was auch bei den Hauptstromwickelungen der Fall ist; endlich ist die in der Solenoidmitte gelegene Wickelung in Serie mit einem Widerstande und einer Relaiswickelung geschaltet und sind die Enden mit den Batterien verbunden. Die mittlere Spule polarisirt somit den Eisenkern.

Aus dem Schema Fig. 34 geht ferner hervor, dass die Zuschaltespulen unter Zwischenschaltung eines Widerstandes und einer Relaisspule an die Bürsten der Dynamomaschine angeschlossen sind.

Gelangt der Zug in Bewegung, so wird entsprechend der Zugrichtung ein Strom in der Maschine erzeugt, welcher durch die soeben erwähnten Wickelungen fliesst. Nimmt man an, dass die Stromrichtung der unteren Zuschaltespule mit der in der Solenoidmitte gelegenen Spule übereinstimmt und demzufolge der Strom in der oberen Zuschaltespule entgegengesetzt der mittleren Wickelung fliesst, so resultirt aus der Summe der Ampèrewindungen eine Verschiebung des Eisenkernes nach unten.

In dem Momente, in welchem der Kontakt von der Maschine mit den Batterien, resp. Glühlampen hergestellt wird, durchfliesst auch der Hauptstrom die dicken Wickelungen, wodurch die Anziehungskraft des Solenoids entsprechend der Stärke des Hauptstromes ver-

grössert wird, was ein vollständiges Eintauchen der Kontaktstifte in den zugehörenden Näpfen verursacht.

Fährt der Zug der früheren Richtung entgegengesetzt, so findet eine Verschiebung nach aufwärts statt, wobei die an der rechts gelegenen Zugstange befindlichen Kontaktstifte in Thätigkeit treten.

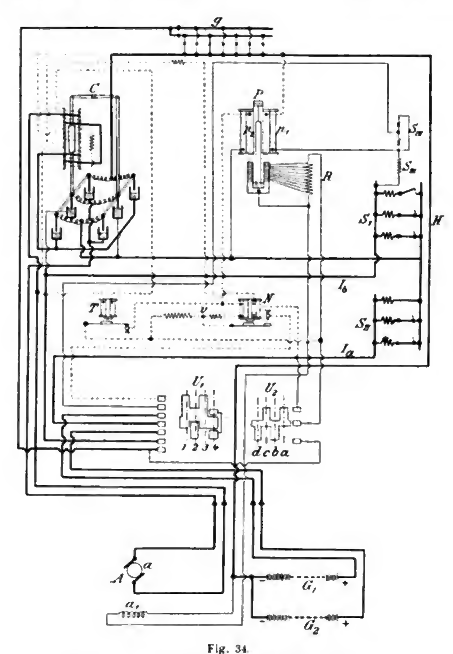



Fig. 34.
System Dick, Schaltung für Einzelwagenbeleuchtung.

Beim Anhalten des Zuges vermindert sich die Tourenzahl der Dynamo, wodurch die von derselben abgegebene Stromstärke auf Null sinkt, um weiter folgend einen geringen entgegengesetzten Werth zu erreichen. Da die Stromrichtung durch die Hauptstromspulen sich

verändert hat, ist die Summe der effektiv auf den Eisenkern wirkenden Ampèrewindungen, der Grösse des Rückstromes entsprechend, geringer; in Folge dessen überwiegt die Gegenkraft der oberen Spiralfeder die Anziehungskraft des Solenoids, wodurch die Verbindung der Dynamo mit den Batterien unterbrochen wird.

Bei der Kontaktvorrichtung sind die äusseren Quecksilbernäpfe kreuzweise verbunden. Alle sechs Kontaktstifte, wie auch die sechs Näpfe sind von genau gleicher Grösse, jedoch sind die in den mittleren Näpfen befindlichen Zwischenböden höher gelegen als die in den vier äusseren. Die Näpfe sind bis zum unteren Rand der Zwischenböden mit Quecksilber gefüllt; bei horizontaler Lage des doppelarmigen Hebels tauchen die mittleren Kontaktstifte demzufolge in's Quecksilber, um den Widerstand $S_1$ kurz zu schliessen, während in dieser Lage des Hebels die vier äusseren Kontaktstifte mit den zugehörigen Näpfen keine Verbindung bewerkstelligen.

Bei der Einschaltestellung wird der Kontakt in einem der mittleren Näpfe aufgehoben und der Widerstand $S_1$ eingeschaltet.

Der Regulator $P$ sowie das Relais $N$ entsprechen der Anordnung für geschlossene Zugbeleuchtung. Dem Relais $T$, dessen Konstruktion dem Relais $N$ ähnlich ist, fällt die Aufgabe zu, bei Stillstand des Zuges den Wattverlust auf ein Minimum zu reduciren.

Ferner ist ein Umschalter $U$ angeordnet, welcher den Zweck hat, bei ausgeschalteten Glühlampen beide Batterien parallel zu schalten, so dass die Ladung derselben gleichzeitig erfolgt. Bei eingeschalteten Glühlampen jedoch ist die eine Batterie auf Ladung gebracht, während die andere zur Ausregulirung der an den Glühlampen herrschenden Spannung dient. In der darauffolgenden Nacht kehrt sich der Vorgang um, d. h. die letztere Batterie erfährt eine Ladung, während die erstere zur Ausregulirung dient.

Die konstruktive Durchführung des Umschalters erfolgte analog den Tramwaykontrollern, und zwar sind zwei Kontaktwalzen vorhanden, welche mit charakteristisch geformten Segmenten ausgestaltet sind.

In Fig. 34 sind die beiden Walzen, in einer Ebene aufgerollt, dargestellt. Auf der linken Walze schleifen sieben Kontaktfinger, während auf der rechten deren drei sich befinden. Die Drehung der Walzen erfolgt von Hand mittels Normal-Lichtschlüssel, wobei im Sinne des Uhrzeigers um je 90° gedreht werden muss, und sichert eine Schnappvorrichtung die präcise Einstellung der Kontaktwalzen für die bei einer vollständigen Drehung vorkommenden vier Lagen der Walzen. An beiden Walzen befindet sich ausserdem ein Sperrrad, welches in Verbindung mit einer Sperrklinke ein Drehen der Walze in unrichtigem Sinne verhindert.

Das linke Sperrrad zeigt auf der vorderen Stirnfläche in vier Feldern die aufeinanderfolgende Bezeichnung Dunkel-Licht-Dunkel-Licht, während das rechte Sperrrad mit Fahrt-Ruhe-Fahrt-Ruhe bezeichnet ist. Die ganze Kontaktvorrichtung befindet sich endlich in einem soliden metallischen Gehäuse, das eine Abschlussplatte besitzt, durch welche die beiden mit Nuten versehenen Mitnehmerdorne ragen; letztere dienen zur Aufnahme der Lichtschlüssel. Oberhalb der Mitnehmerdorne ist die Platte segmentförmig durchbrochen, damit die eine der obigen Bezeichnungen von aussen sichtbar wird.

Die Einrichtungen für das System Dick werden von der Firma Wüste & Rupprecht in Wien geliefert. Die Akkumulatoren sind gleichfalls Fabrikat dieser Firma. Versuche mit dem System machen einige österreichische und russische Bahnen.

## Das System Moskowitz.

Dieses System ist in Amerika seit dem Jahre 1896 vielfach versuchsweise installirt worden. Die Dynamomaschine, welche mit Friktionsscheiben angetrieben wird, besitzt die gleiche Differentialwickelung wie diejenige von Lewis, so dass die Spannung an den Bürsten bei Zuggeschwindigkeiten über ca. 30 km/Std. auf 40 Volt konstant bleibt.

Parallel zu der Dynamomaschine ist eine Akkumulatorenbatterie für 30 Volt Betriebsspannung geschaltet. Die normale Betriebsspannung der Lampen ist gleichfalls 30 Volt. Solange der Zug steht oder eine geringere Geschwindigkeit als 30 km/Std. besitzt, besorgt die Batterie allein die Speisung der Lampen. Wenn dann infolge grösserer Geschwindigkeit die Spannung der Dynamomaschine auf 40 Volt gestiegen ist, wird durch einen besonderen automatischen Schalter Batterie und Dynamomaschine parallel und zugleich vor die Lampen ein kleiner Widerstand geschaltet, so dass letztere nur mit 30 Volt brennen, während die Batterie mit 40 Volt geladen wird.

Ein besonderes polarisirtes Relais besorgt automatisch den Wechsel der Stromrichtung, sobald bei umgekehrter Fahrtrichtung die Dynamomaschine in entgegengesetztem Sinne rotirt.

Sämtliche automatischen Apparate sowie die sonstigen Schaltapparate sind in einem leicht zugänglichen Kasten im Innern des Wagens angebracht.

Mit diesem System, Axle Light genannt, ist von der National Electric Car Lighting Company in New-York eine grössere Anzahl Wagen der Atchison Topeka and Santa Fe Railway ausgerüstet.

Die National Car Lighting Company ist vor einigen Jahren in die Consolidated Railway Electric Lighting and Equipment Company in New-York aufgegangen.

Das durch diese Gesellschaft eingeführte System unterscheidet sich von dem System Moskowitz wesentlich.

Der Antrieb der Dynamomaschine mit Zahnrädern oder Friktionsscheiben hat sich nicht so bewährt, wie erwartet worden ist; man ist deshalb zum Riemenantrieb übergegangen, und zwar hat der Riemen Vförmige Ansätze auf der Innenseite, die Riemenscheibe ist entsprechend mit einer Rille versehen, und ist hierdurch ein Gleiten und Abfallen des Riemens vermieden.

Die Regulirung der Spannung erfolgt nicht durch Differentialwickelung, sondern durch Ein- und Ausschalten von Widerstand in die Magnetwickelungen der Nebenschlussmaschine vermittelst eines kleinen Motors.

## Das System Vicarino.

Dieses System ist dem System Moskowitz im Princip gleich. Bei ihm erfolgt der Antrieb der Dynamomaschine durch Reibung von der Wagenachse mittels einer Lederscheibe. Die Feldmagnete sind auch hier umgekehrt compound gewickelt (Fig. 35). Eine dünne Nebenschlusswickelung dient zur Erregung, eine zweite, dicke, entgegengesetzt gewickelte Spule wird vom Hauptstrom durchflossen.

In der Ruhe liefert die Batterie den Strom; sobald nach Beginn der Fahrt die Geschwindigkeit der Dynamo gross genug geworden ist, um ihre Spannung derjenigen der Batterie gleich zu machen, verbindet der automatische Umschalter die Dynamo mit dem äusseren Stromkreis, und sie speist dann die Lampen parallel mit der Batterie. Wenn die Geschwindigkeit weiter wächst, so hat die Spannung an den Klemmen der Dynamo die Neigung, sich weiter zu erhöhen; sie speist also dann die Lampen allein, und es geht zugleich Strom durch die Batterie. Aber der gesammte Strom durchfliesst auch die dicke Wickelung der Feldmagnete, entmagnetisirt dieselben und drückt so die Spannung herab, bis sie praktisch auf denselben Werth kommt wie zuvor. Damit die Batterie eine gewisse Energiemenge aufnehmen kann, ohne dass eine Erhöhung der Stromstärke an den Lampen eintritt, wird in den Lampenstromkreis ein kleiner Widerstand eingeschaltet.

Nach Angabe von Massenbach[1]) steigt die Spannung der Dynamomaschine von 31,0 auf 31,8 Volt bei einer Geschwindigkeitsänderung des Zuges von 50 auf 100 km.

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 11. Jan. 1900.

Der automatische Umschalter hat die Verbindung zwischen dem äusseren Stromkreis und der Dynamomaschine rechtzeitig zu schliessen und zu öffnen und zugleich den Vorschaltwiderstand für die Lampen einzuschalten bezw. kurzzuschliessen. Er besteht aus einem Solenoid mit doppelter Wickelung und einem innerhalb desselben vertikal beweglichen rohrförmigen Eisenkern, der oben einen Quecksilbernapf und unten einen Kontaktstift trägt. Die dünne Wickelung liegt an den Klemmen der Dynamomaschine, die dicke im Hauptstromkreis. Solange der Strom von der Dynamo zur Batterie fliesst, wirken beide Wickelungen im gleichen, bei Stromumkehr dagegen im entgegengesetzten Sinne. Die dünne Wickelung ist so berechnet, dass der Kern in die Höhe gezogen wird, sobald die Spannung der Maschine um ein bestimmtes geringes Maass höher wird als diejenige der Batterie; fällt die Maschinenspannung wieder unter diesen Werth, so senkt sich der Kern durch sein eigenes Gewicht, wobei der untere Stift in einen zweiten Quecksilbernapf eintaucht. In der oberen Stellung taucht in den Quecksilbernapf des Eisenkerns ein mit der Hauptspule verbundener verstellbarer Stift ein, wodurch der Stromkreis geschlossen ist; der Strom der Dynamo passiert den Eisenkern und verzweigt sich, indem ein Theil zur Batterie, ein anderer durch den Vorschaltwiderstand zu den Lampen geht.

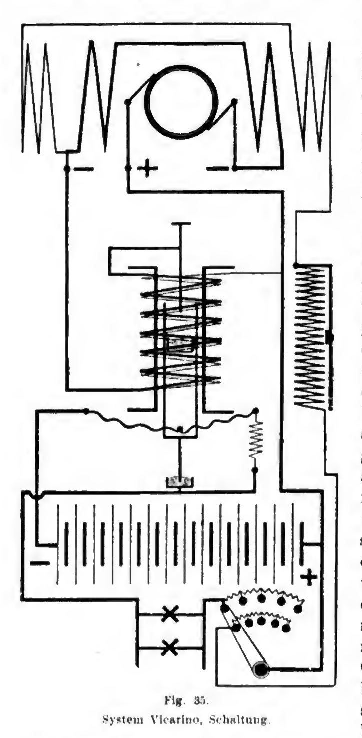


Fig. 35.
System Vicarino, Schaltung.

Abweichend vom System Moskowitz ist die Vorrichtung zur Erzeugung des Polwechsels der Dynamo. Sobald der Wagen seine Bewegung umkehrt, werden die Bürsten der Maschine selbstthätig um 180° verschoben; die Bürstenhalter sitzen isolirt auf einer Scheibe, die durch ihre eigene Reibung auf der Ankerwelle und die Reibung der Bürsten auf dem Kollektor im Sinne der Ankerdrehung mitgenommen wird, bis sie mit einer ihrer Nasen an einen Anschlag stösst.

Es ist weiter Vorkehrung getroffen, dass die Dynamo, auch ohne ausgerückt zu werden, nur so lange Strom liefert, als die Lampen brennen, um eine dauernde schädliche Ueberladung der Batterie zu verhindern. Zu diesem Zweck wird gleichzeitig mit dem Lampenstromkreis die Erregung der Maschine unterbrochen. Mit diesem Ausschalter kann ohne weiteres eine Einrichtung zur Verdunkelung der Lampen während der späteren Nachtstunden verbunden werden, indem ein Widerstand vor die Lampen und, um den Verlust an Energie zu vermindern, gleichzeitig Widerstand in den Erregerstromkreis geschaltet wird.

Die Batterie besteht aus 16 Elementen mit einer Kapacität von 60—100 Ampèrestunden je nach der Grösse der Wagen.

Mit dem System Vicarino macht eine grössere Zahl von Bahnen Versuche; es sind gegenwärtig ca. 50 Wagen damit installirt, wovon 16 für die Französische Staatsbahn und 12 für die Compagnie du chemin de fer de l'Ouest.

Die Accumulatorenwerke System Pollak in Frankfurt a. M. haben die Verwerthung dieses Systems für Deutschland übernommen.

Bei den neuesten Ausführungen ist das Schaltungsschema etwas abgeändert worden; über diese Aenderungen schweben jedoch z. Zt. noch Patentverhandlungen.

## Das System Auvert.

Auf der Bahn Paris—Lyon—Méditerranée wurden zuerst Versuche mit diesem System gemacht, welches der Oberingenieur der Bahn, Auvert, entworfen hat. Die Konstanthaltung der Spannung erfolgt auf etwas andere Weise als bei den bisher beschriebenen Systemen. Solange die Spannung der Dynamomaschine niedriger ist als die Spannung der Batterie, werden die Lampen und die Schenkelerregung der Dynamomaschine durch die Batterie gespeist. In dem Moment, wo bei wachsender Geschwindigkeit des Wagens die Spannung der Dynamomaschine und Batterie gleich werden, tritt ein automatischer Ausschalter in Thätigkeit und schaltet die Dynamo parallel zu den Akkumulatoren, so dass beide an der Stromlieferung theilnehmen.

Bei weiterer Steigerung der Geschwindigkeit liefert die Dynamomaschine den gesammten Strom für die Lampen und die Schenkelerregung und ladet zu gleicher Zeit die Batterie.

Sobald die Spannung jedoch bis zu einer gewissen Grenze gestiegen ist, wird in den Dynamostromkreis noch ein kleiner Serienmotor eingeschaltet, dessen Anker durch eine besondere Bremse derart fest gebremst ist, dass er erst bei einer bestimmten Stromstärke entsprechend einer bestimmten Zuggeschwindigkeit zu rotiren beginnt. Die dann erzeugte Gegenspannung des Motors verhindert ein weiteres Steigen der Spannung.

Ferner ist ein selbstthätiger Stromwender vorgesehen, welcher die Richtung des von der Dynamomaschine erzeugten Stromes von der Fahrtrichtung unabhängig macht.

Der Antrieb der Maschine erfolgt durch Riemen.

Bei dem Versuchswagen der Bahn Paris—Lyon—Méditerranée erreicht die Dynamomaschine bei 40 km eine Stromstärke von 33 Amp. bei 35 Volt. Bei grösserer Geschwindigkeit beginnt die Regulirmaschine zu arbeiten und die Stromstärke bleibt konstant. Von den 33 Amp. dienen 17 für die Lampen, 7 zur Erregung und für die Apparate und 11 Amp. für Ladung der Batterie. Unter 40 km sinkt der Ladestrom der Batterie rasch auf 0. Bei weiterer Verminderung der Geschwindigkeit übernimmt die Batterie die Speisung der Lampen und die Maschine wird selbstthätig ausgeschaltet.

## VI. Kapitel.

# Elektrische Beleuchtung mit Akkumulatoren.

Wie schon früher erwähnt, haben die ersten Versuche, Beleuchtung mit Akkumulatoren allein auszuführen, keinen befriedigenden Erfolg gehabt.

Wenn auch die Ursache dieser Misserfolge sehr wesentlich durch die noch nicht genügend technisch ausgebildeten Akkumulatoren bedingt sein mag, so würde das Resultat doch voraussichtlich günstiger gewesen sein, wenn die Versuche nicht nur mit einigen wenigen Wagen, sondern in einem solchen Umfange vorgenommen worden wären, dass eine geeignete Organisation für den Ladedienst und die Vornahme der erforderlichen Reparaturen hätte getroffen werden können.

Die ersten günstigen Resultate sind von den im Jahre 1889 ausgeführten Anlagen der Novara-Saregno-Bahn, jetzigen Nord-Milano-Bahn, und von der Jura-Simplon-Bahn erhalten worden.

Gegenwärtig ist diese Beleuchtungsart in grösserem Umfange auf vielen Bahnen eingeführt.

Man unterscheidet auch hier die Anordnung einer Beleuchtung für den ganzen Zug, von ein oder zwei Wagen aus, und für jeden Wagen allein.

Eine der ältesten grösseren Anlagen nach der ersteren Anordnung für geschlossene Züge ist die der Schwedischen Westküstbahn, welche Helsingborg mit Christiania verbindet. Es sind zwei Batterien von je 28 Elementen (System der Electrical Power Storage Co.) für 50 Volt Betriebsspannung in jedem Zuge aufgestellt und zwar je eine in dem ersten und in dem letzten Wagen. Die Glühlampen haben eine Leuchtkraft von 8 HK. Die Beleuchtung ist im Jahre 1892 eingerichtet worden.

In gleicher Weise, zum Theil auch nur mit einer Batterie für den Zug, ist eine grosse Anzahl schwedischer Privatbahnen beleuchtet, während die Schwedischen Staatsbahnen die Fettgasbeleuchtung schon seit langer Zeit durchgeführt haben.

Die weitaus bedeutendste Anlage dieser Art ist jedoch diejenige der Dänischen Staatsbahnen. Auf den Inseln Seeland, Fünen und Falster ist bereits die Beleuchtung der Züge vollständig durchgeführt, während in diesem Jahre die ersten Züge in Jütland eingerichtet werden.

Im ersten und letzten Wagen eines Zuges sind je zwei Batterien, jede von 36 Elementen mit einer Kapacität von 130 Ampèrestunden bei 6 Amp. Entladestrom und 35 Amp. Ladestrom, aufgestellt, demnach erhält jeder Zug vier Batterien. Wie aus dem Schaltungsschema Fig. 36 hervorgeht, sind im Zuge zwei gesonderte Stromkreise, und arbeiten die Batterien eines Wagens parallel auf den einen, die Batterien des anderen Wagens auf den zweiten Stromkreis. Die Local- und kleineren Züge haben entweder nur einen Batteriewagen oder deren zwei, jeden mit nur einer Batterie.

Vor jede Batterie ist ein kleiner Regulirwiderstand *W* (1 Ohm) eingeschaltet, um zu bewirkén, dass die parallel geschalteten Batterien mit gleicher Polspannung entladen werden. Zur Regulirung der Spannung im Entladestromkreis wird an Stelle eines Zellenschalters ein Regulirwiderstand *EW* mit 20 Kontakten und mit einem gesammten Widerstand von 4 Ohm verwandt.

Die Leitungen von den Batterien führen zu einer Schalttafel, auf welcher ein Strommesser *A* für den gesammten Strom und ein Spannungsmesser *V*, sowie die Ausschalter *ZA* und *DA*, Stromrichtungszeiger *S* und doppelpolige Bleisicherungen zu 10 Ampère für jede Batterie angebracht sind. Ferner ist ein Zeigerapparat *Z* vorgesehen, welcher den Zweck hat, anzuzeigen, welche Leitung des Zuges von dem Batteriewagen zu beleuchten ist. Der Umschalter *U* wird nach der Seite geschaltet, nach welcher der Zeiger ausschlägt, falls der Ausschalter *DA* geschlossen wird. Es wird dadurch bewirkt, dass auf der einen Seite des Zuges die beiden positiven Hauptleitungen, auf der anderen Seite die beiden negativen sich befinden.

Die Anordnung der geschlossenen Zugbeleuchtung bedingt naturgemäss Kuppelungen für die Beleuchtung zwischen den Wagen. Die bei den Dänischen Staatsbahnen in Gebrauch befindlichen Kuppelungen sind eine Konstruktion der Herren B u s s e und J. B. B r u u n.

Nach der Beschreibung des Herrn J. B. Bruun in der Elektrotechnischen Zeitschrift 1895, S. 163 besteht jede Kuppelung aus zwei Hälften, deren jede mit isolirten Kontaktstücken *B* und *C* (Fig. 37) ausgerüstet ist. Die Isolirung der Kontakte sowohl gegen einander als auch gegen das gusseiserne Gehäuse besteht aus Hartgummiringen *a* und *b*. Die Gehäuse haben genau dieselbe Form wie die Schlauchmundstücke der Westinghouse-Bremse, und die beiden Hälften sind gegen einander durch 2 mm dicke Gummiringe *c* abgedichtet.

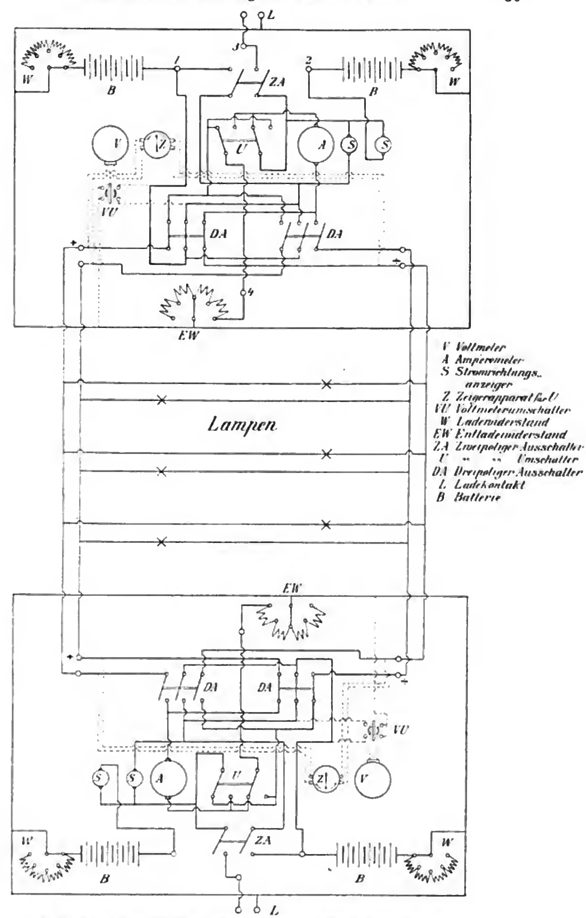



Fig. 36. Schaltung der Zugbeleuchtung der Dänischen Staatsbahnen

Der positive Leiter ist in der Mitte der Kuppelung, der negative ringförmig um den ersten angebracht (Fig. 38). Die Höhe beider ist verschieden, um einen durch gleichzeitige Berührung leitender Gegenstände herbeigeführten Kurzschluss zu vermeiden. Die beiden Kuppelungshälften sind folglich nicht gleich; da aber jeder Wagen immer zwei Leitungen besitzt, ist dieser Umstand ohne Belang, indem die Kuppelungshälfte mit hervorstehendem Mittelkontakt über den Puffer

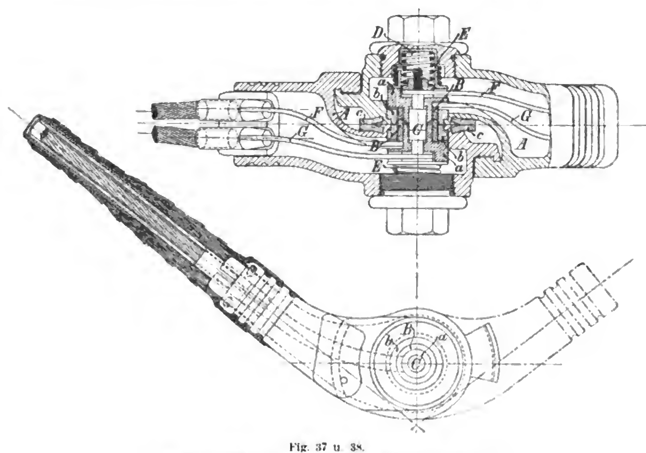



Fig. 37 u. 38.
Kuppelung für die Lichtleitung, Dänische Staatsbahnen

mit gewölbter Scheibe, die andere Hälfte mit der versenkten Mitte über der flachen Pufferscheibe angebracht wird.

Die Kontaktstücke der beiden Hälften werden durch die Spiralfeder *D* und *E* gegen einander gedrückt und sind an kupfernen Leitern *F* und *G* verlöthet, welche gegen einander und gegen die Gehäuse gut isolirt sind und zwar derart, dass die Isolirung eine geringe Bewegung des Leiters erlaubt. Die Kontaktflächen werden durch die drehende Bewegung beim Einkuppeln immer rein gerieben. Wegen der Form der Hülsen wird die Kuppelung selbstthätig geöffnet, wenn der betreffende Wagen vom Zuge entkuppelt war.

Die Leitungen, welche durch die Kuppelungen verbunden sind, werden in die an der Stirnseite der Wagen befindliche Verbindungsmuffe, wie in Fig. 39 und 40 dargestellt ist, eingeführt und von den Schrauben *AA* festgehalten. Die Hauptleiter der Wagen, welche auf der Wagendecke in Rohre verlegt sind, werden in dieselben Kontakt-

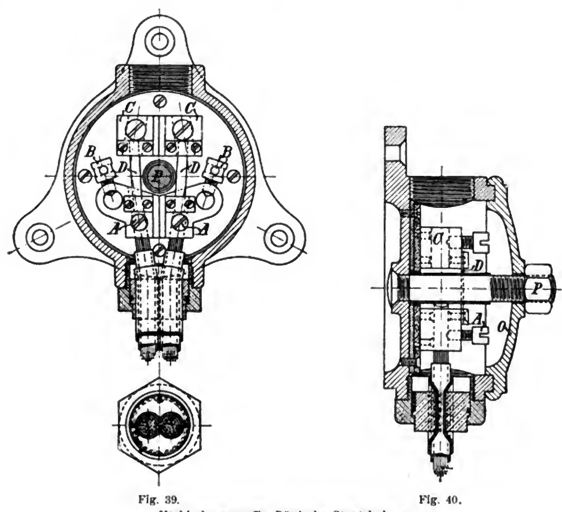



Fig. 39. Fig. 40.
Verbindungsmuffe, Dänische Staatsbahnen.

stücke wie die Kuppelungsleitungen eingeführt und mit den Schrauben *BB* befestigt. Die Verbindungsmuffe wird durch einen Deckel *O* und Schraube *P* verschlossen.

Die Batterien sind von der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W. und von Gottfried Hagen in Kalk bei Köln geliefert. Der Aufbau der Elemente und Batteriekästen beider Systeme ist aus den Fig. 19, 20, 21 zu ersehen. Die aus Hartgummi hergestellten Elementkästen sind mit Glasdeckeln fest verschlossen. Je vier Elemente sind in Holzkästen einmontirt. Diese Kästen besitzen an den Seiten Kontaktschienen, zu welchen die Aussenpole der vier in Reihe geschalteten

Elemente geführt sind. Diesen Kontaktschienen entsprechen Kontaktfedern in den einzelnen Fächern der Regale, in welche die Kästen im Wagen zu stehen kommen, so dass die leitende Verbindung der einzelnen Kästen durch Einschieben in die Regale von selbst hergestellt wird. An der Vorderseite jedes Holzkastens sind Polplatten angebracht, welche nach den Polen der einzelnen Elemente führen, so dass die Spannung jedes derselben leicht gemessen werden kann, ohne dass der Kasten hervorgezogen zu werden braucht.

Die Regale haben drei Etagen, jede mit drei Fächern. Unter den Kästen sind Bleibehälter angebracht, welche aus den Kästen etwa hervortretende Schwefelsäure aufnehmen.

Bei dieser Aufstellungsart ist es immer möglich, dass bei Beschädigung eines Elementes der betreffende Batteriekasten gegen einen anderen ausgetauscht wird, und ferner kann die ganze Batterie leicht in einem anderen, mit Regalen versehenen Wagen aufgestellt werden, wenn ein Batteriewagen ausser Betrieb gesetzt werden soll.

Die Batteriekästen sind so entworfen, dass sie ohne weitere Aenderung für Einzelwagenbeleuchtung verwandt werden können, wenn die Verhältnisse es später möglich und wünschenswerth machen sollten, zu diesem Beleuchtungssystem überzugehen.

Ueber die Elemente der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen berichtet J. B. Bruun in einem Vortrage, welchen derselbe gelegentlich des skandinavischen Techniker-Kongresses zu Stockholm im Jahre 1897 gehalten hat, dass die negativen Platten der im Jahre 1893 gelieferten Batterien nach $3^1/_2$—4 jährigem Betriebe mit neuer Füllmasse versehen werden mussten, während die positiven Platten im Laufe des nächsten Jahres zu ersetzen seien, also nach einer Betriebsdauer von fünf Jahren.

Jedes Element besteht aus 6 positiven und 7 negativen Platten von 150 mm Höhe und 145 mm Breite und 7 bezw. 5 mm Dicke. Das Gewicht eines Elementes beträgt 18,5 kg., dasjenige eines Kastens mit vier Elementen 85 kg. Eine Doppelbatterie von 72 Elementen wiegt demnach 1,6 t.

Der durchschnittliche Entladestrom einer Batterie ist 6 Amp., also 12 Amp. für die Doppelbatterie. Die Kapacität von 130 Amp.-Std. genügt demnach für einen 22 stündigen Betrieb. Die Ladedauer beträgt bei 33 Amp. $4^1/_3$ Stunden für eine gänzlich entladene Batterie.

Die Hauptleitungen, deren Kupferquerschnitt 50,5 qmm ist, sind in Eisenrohr an der Aussenseite des Wagens über das Wagendach verlegt. Die Zweigleitungen werden von den gusseisernen Verzweigungsbuchsen durch Bergmannrohr zu den Beleuchtungskörpern geführt.

Jedes Abtheil eines Wagens hat zwei Lampen, je eine für jeden Stromkreis; und zwar für die Abtheile I. und II. Klasse Glühlampen von 6 HK, für die Abtheile III. Klasse solche von 3 HK. In den Durchgangswagen sind 22 Glühlampen von 6 HK angebracht. Die Glühlampen verbrauchen 3 Watt pro HK. Gegenwärtig sind gegen 700 Wagen mit elektrischer Beleuchtungseinrichtung versehen und gegen 7000 Elemente in Betrieb. In nicht zu ferner Zeit wird das System auf den Dänischen Staatsbahnen vollständig durchgeführt sein, nachdem auch mit der Einführung in Jütland begonnen worden ist.

Die beschriebene Anordnung ist für Betriebsverhältnisse, wie sie in Dänemark vorherrschen, sicher sehr zweckmässig. Bei Zugtrennung ist ein Verlöschen aller Lampen im Wagen ausgeschlossen, es erlischt nur eine Lampe in jedem Abtheil, deren Stromkreis dem abgekuppelten Batteriewagen entspricht. Das Gleiche gilt, wenn eine Kuppelung aus irgend einem Grunde keinen genügenden Kontakt gibt. Ein solches System würde auch bei unseren deutschen Verhältnissen für eine grosse Zahl von Zügen leicht durchführbar sein, einer allgemeineren Einführung stehen jedoch betriebstechnische Bedenken entgegen, insbesondere die Rücksicht auf den internationalen Durchgangsverkehr.

Die Unabhängigkeit jedes einzelnen Wagens in Bezug auf seine Beleuchtungseinrichtung, wenigstens für eine beschränkte Zeitdauer, während welcher derselbe von dem die Stromquelle führenden Wagen abgeschaltet ist, ist auf jeden Fall sehr werthvoll und ist unbedingt für unsere Verhältnisse vorzuziehen, falls die elektrische Beleuchtung allgemein eingeführt werden sollte.

Die E i n z e l w a g e n b e l e u c h t u n g mit Akkumulatoren erfordert, dass jeder Wagen mit einer oder mehreren Batterien ausgestattet ist. Dieselben sind in den meisten Fällen in Behältern am Wagenuntergestell oder seltener im Innern des Wagens unter den Sitzbänken aufgestellt und werden entweder behufs Ladung herausgenommen und zu einer Ladestation gebracht oder im Wagen selbst geladen. Es ist jedoch auch für letzteren Fall zweckmässig, die Elemente so zu konstruiren, dass sie leicht bewegt werden können behufs Revision oder Reparatur. Zu diesem Zwecke werden die Elemente, je nach der Grösse, zu zweien oder mehreren in einen mit Handgriffen und Anschlussklemmen versehenen Holzkasten eingebaut, ähnlich wie bei den Batterien der Dänischen Staatsbahnen. In den meisten Fällen hat man jedoch von einer selbstthätigen Einschaltung Abstand genommen und vermitteln kleine, biegsame Kabel, welche mit Schrauben oder Stöpselkontakt versehen sind, die Verbindung. Die von jedem Pol ausgehenden Leitungen werden, um Kurzschluss zu verhüten, möglichst

weit von einander entfernt geführt und zwar zweckmässig so weit als angängig auf der Aussenseite des Wagens in Gasrohre verlegt.

In der Lichtleitung befinden sich Hauptausschalter und Hauptbleisicherung, sowie häufig auch ein Zeitzähler, um stets die stattgehabte Entladedauer der Batterien erkennen zu können. Diese Apparate werden zweckmässig in einem wasserdicht verschlossenen Gehäuse aussen an der Stirnwand des Wagens oder neben den Batteriebehältern angebracht. Der Hauptausschalter

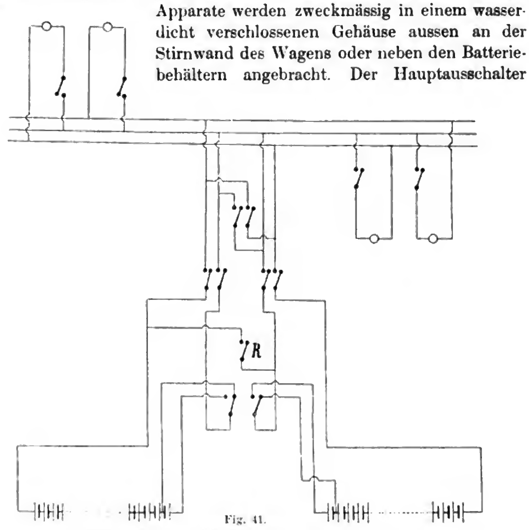



Fig. 41.
Schaltung für Einzelwagenbeleuchtung mit 2 Stromkreisen.

wird mittels eines Schlüssels vom Zugführer bedient. Die Betriebsspannung wird stets so niedrig genommen, dass eine Spannungsregulirung nicht erforderlich ist. Die gebräuchlichsten Spannungen sind 16, 18, 24 und 32 Volt.

Zur Vereinfachung des Betriebes wird für alle Wagen einer Verwaltung möglichst eine einheitliche Grösse der Batterien vorgesehen. Besonders reich beleuchtete Wagen erhalten alsdann zwei oder mehr Batterien. Im letzteren Falle speist zweckmässig jede Batterie einen besonderen Stromkreis, wobei indess die Schaltung derart getroffen wird, dass im Nothfalle jede Batterie auf sämmtliche Stromkreise

arbeiten und die Beleuchtung des Wagens allein übernehmen kann. Die Batterien parallel zu schalten ist nicht zu empfehlen. Diese Schaltung ist in Fig. 41[1]) dargestellt; der Schalter *R* dient zum Hintereinanderschalten der beiden Batterien für die Ladung.

Die Zahl der für einen Bahnbezirk erforderlichen Batterien ist gleich der Anzahl der in der stärksten Beleuchtungsperiode gleichzeitig zu beleuchtenden Wagen, zuzüglich einer je nach den Betriebsverhältnissen grösseren oder geringeren Reserve.

Die Ladestationen für die Batterien sind meist im Anschluss an die Beleuchtung der betreffenden Bahnhöfe eingerichtet, so dass die Maschinenanlage durch Einführung der Wagenbeleuchtung günstiger ausgenutzt und die Kosten der Wartung verringert werden. Bei Aufladung der Batterien in einer Ladestation werden dieselben auf besonderen Ladetischen geladen, welche die Möglichkeit gewähren, die Elemente während der Ladung zu beobachten und beschädigte sofort wieder in Stand zu setzen. Zur Ladung werden so viele Batterien hinter einander geschaltet, wie der Maschinenspannung entspricht.

Da die Batterien meist verschieden weit entladen sind wegen des verschiedenen Stromverbrauchs der einzelnen Wagen, so kommen stärker und schwächer entladene Batterien in denselben Stromkreis. Es wird dann die schwächer entladene Batterie überladen, die andere ungenügend geladen. Beides schadet den Batterien, besonders das nicht genügende Laden. Man muss alsdann bei der Ladung darauf achten, dass die voll geladenen Batterien ausgeschaltet und durch entsprechende Widerstände ersetzt werden, oder man muss den Strom transformiren, in der Art, dass die Netzspannung gleich der höchsten Ladespannung einer einzelnen Batterie ist, also bei Batterien von 16 Elementen 45 Volt beträgt.

Bei Ladung einer grossen Anzahl von Batterien erscheint auch die von der Reichspost angewandte Schaltung Fig. 42 besonders zweckmässig. Die Batterien besitzen eine Entladespannung von 32 Volt, entsprechend einer höchsten Spannung von ca. 43 Volt bei der Ladung. Es soll nun die Spannung an den Schienen des Schaltbretts ca. 100 Volt betragen. Zwischen diesen Schienen befindet sich eine dritte Schiene, welche mit der Maschinenleitung in keiner unmittelbaren Verbindung steht. Zwischen jedem Aussenleiter und der Mittelschiene werden nun die einzelnen Batterien parallel zu einander geschaltet und zwar so, dass mit jedem Aussenleiter gleich viel Batterien verbunden sind. Jeder Stromkreis besitzt Regulirwiderstand, Ampèremeter, Ausschalter, Blei-

[1]) In Fig. 41 ist die Zuschaltung einer Zelle gegen Ende der Entladung vorgesehen, wie sie bei einer höheren Spannung als 32 Volt erforderlich ist.

sicherung. Ferner ist ein Hauptregulirwiderstand sowie ein Spannungsmesser, ein Hauptausschalter und eine Hauptbleisicherung angeordnet.

Sind sämmtliche Widerstände richtig eingestellt, so herrscht zwischen Mittelschiene und jeder der beiden Aussenschienen die Hälfte der Netzspannung. Da indess die Spannung der Mittelschiene gegen jede der beiden Aussenschienen sich mit der Belastung der beiden Netzhälften ändert, so wird der regulirbare Hauptwiderstand in die weniger belastete Netzhälfte eingeschaltet. Mittels Differential-Voltmeter ersieht man, ob die Ladespannung der einen Hälfte die der

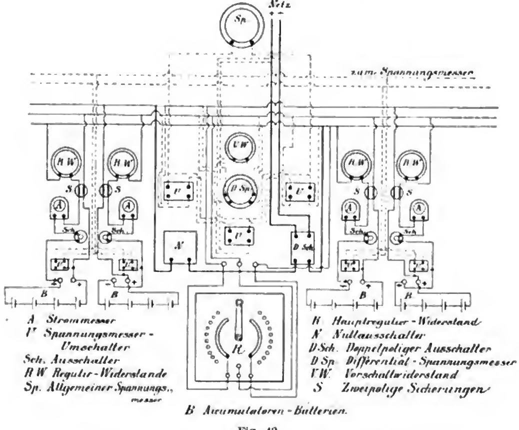



Fig. 42.
Schaltung für die Ladung, Deutsche Reichspost.

anderen überwiegt. Der Hauptwiderstand wird so eingestellt, dass das Differential-Voltmeter auf 0 zeigt. Auf diese Weise kann durch Einstellen der Einzelwiderstände jeder Batterie so viel Strom zugeführt werden, wie sie benöthigt, und wird ein Ueberladen derselben, bezw. eine unzureichende Ladung vermieden.

Bei einem Dreileiternetz mit 220 Volt ordnet man zwei neutrale Schienen an.

Die Dauer der Ladung der besten Akkumulatorensysteme beträgt, je nach den Betriebsverhältnissen, 1—2 Stunden und kann unter besonderen Umständen auch verringert werden.

Diese verhältnissmässig kurze Ladezeit der Batterien macht es möglich, die Arbeit des Transports der Batterien aus dem Wagen zur Ladestation und von der Ladestation zum Wagen zu ersparen und die Ladung im Wagen selbst vorzunehmen.

Die Anordnung der Ladung ist in ähnlicher Weise getroffen, wie dies jetzt bei der Gasbeleuchtung der Fall ist. Es werden von dem Maschinenhaus Kabel bis an die Abstellgeleise der Züge geführt, welche dort in besonderen Leitungständern enden. Von diesen aus wird der Anschluss an die Batterien der Wagen mittels flexibler Kabel bewirkt.

Auf die Frage der Aufladung der Batterien im Wagen wird später eingehend zurückgekommen werden.

Die Einzelwagenbeleuchtung mittelst reinen Akkumulatorenbetriebes hat sich bereits in ausgedehntem Umfange eingeführt.

Die erste Bahn, welche nach einer im Jahre 1888 ausgeführten Probeinstallation ihren Wagenpark vollständig in dieser Anordnung herrichten liess, war die italienische Bahn Novara—Saregno—Saronno, jetzt zur Ferrovie-Nord-Milano gehörig.

Die Installation umfasst 53 Wagen mit 47 Batterien, deren jede aus 8 Elementen mit 60 Amp.-Stunden Kapacität bei 6 Amp. Entladestromstärke besteht. Geliefert sind die Batterien von der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i/W. im Jahre 1889.

Die Elektroden der Elemente sind Rippenplatten System Tudor von 10 mm Dicke und 160 mm Breite, 190 mm Höhe, der gleichen Ausführung, wie solche für stationäre Anlagen zu dieser Zeit verwendet wurden. Sie sind in mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzgefässen mit einem Abstand von 10 mm aufgestellt. Das Gewicht eines solchen Elementes beträgt 25 kg.[1])

Je vier Elemente sind in einem mit Traggriffen versehenen Holzkasten untergebracht, so dass jede Batterie aus zwei solchen Kästen besteht. Die Verbindung der Batterie mit der Lichtleitung wird beim Einschieben in den Behälter am Wagenuntergestell selbstthätig hergestellt.

Die Wagen werden durch 3 bis 4 Glühlampen von 5 oder 8 HK beleuchtet.

Zur Ladung werden die Batterien aus dem Behälter am Wagenuntergestell genommen und zu einer Ladestation gebracht. Der Strom zur Ladung wird dem Elektricitätswerk in Mailand entnommen, welchem auch die Beleuchtung des Bahnhofes übertragen ist.

---

[1]) Ein Element gleicher Leistung in Hartgummigefässen aus derselben Fabrik wiegt gegenwärtig 9 kg.

Die Platten sind im Jahre 1900, also nach einem zehnjährigen Betriebe, durch neue ersetzt worden. —

Im Jahre 1889 begann die Jura-Simplon-Bahn Versuche mit elektrischer Wagenbeleuchtung unter Verwendung von Akkumulatoren System Huber aus der Akkumulatorenfabrik von Marly-Le-Grand bei Freiburg. Diese Versuche führten zu einer vollständigen Einführung des Systems; gegenwärtig sind 544 Personen- und 85 Gepäckwagen, im ganzen also 629 Wagen elektrisch beleuchtet mit 1451 Lampen à 5 HK, 1616 à 10 HK und 327 à 16 HK, insgesammt 28947 HK. Ausserdem bedient die Bahn die elektrische Beleuchtung von 12 Postwagen 3 Restaurationswagen und 9 Wagen der Thunersee-Bahn, so dass ihr Betrieb somit 653 Wagen umfasst.

Fig. 43.
Batterie, Jura-Simplon-Bahn.

Nur wenige alte Wagen besitzen noch Petroleumbeleuchtung. Im Jahre 1893 waren 161 Wagen, 1897 416 Wagen elektrisch beleuchtet.

Zur Zeit sind im ganzen 1127 Batterien in Betrieb und zwar 830 Stück von der Akkumulatorenfabrik in Marly-le-Grand und 297 von der Accumulatorenfabrik Oerlikon. Alle Batterien sind von derselben Grösse und Ausführung. Die Leistung beträgt 125 Amp.-Std. bei einer Betriebsspannung von 18 Volt. Da die in Gebrauch befindlichen Glühlampen 2,5—3 Watt pro HK verbrauchen, so ist eine Batterie ausreichend für 750 HK-Std.; doch werden sie im normalen Betriebe nicht weiter als bis zu 640 HK-Std. benutzt.

Die Elemente besitzen je 5 positive und 6 negative Gitterplatten der in Fig. 8 und 9 dargestellten Art, erstere für die Batterien von Marly, letztere für die von Oerlikon.

Die Platten von Marly haben die Abmessungen 140 × 155 mm bei 4,8 mm Dicke, die von Oerlikon 140 × 180 mm bei 4 mm Dicke.

Der Aufbau der Elemente erfolgt gegenwärtig mit Hartgummikämmen nach Fig. 17. Die Platten sind noch mit einem dünnen, perforirten Hartgummiblech bedeckt, um das Herausfallen von wirksamer Masse zu verhindern. Die Hartgummikästen sind dreitheilig zur Aufnahme von drei Elementen.

Jede Batterie besteht aus neun Elementen, welche in einem gemeinsamen tragbaren Holzkasten (Fig. 43) eingebaut sind. Die Pole der Batterie sind an zwei Metallschienen $s$ geführt, welche beim Einführen der Batterie in den Behälter (Fig. 44) am Wagenuntergestell auf entsprechende Schienen $s_1$ des letzteren gleiten und hierdurch die leitende Verbindung mit der Lichtleitung des Wagens herstellen.

Das Gewicht einer Batterie beträgt 125 kg.

Die Wagen sind beleuchtet mit einer Glühlampe von 16 HK für die Abtheile I. Kl. und einer von 10 HK für die Abtheile II. und III. Kl. Die grossen Abtheile III. Kl. für 40 Personen sind mit zwei Glühlampen von 10 HK beleuchtet, ebenso die II. Kl. für 32 Personen.

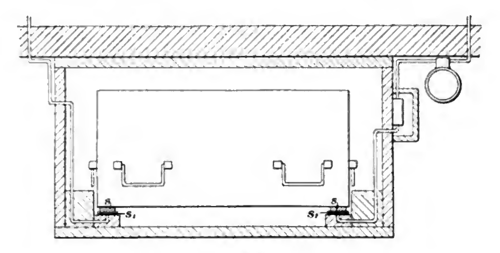



Fig. 44.
Batterie-Behälter, Jura-Simplon-Bahn.

Ausserdem befindet sich auf jeder Plattform noch eine Glühlampe von 5 HK. Die Gepäckwagen haben 2—3 Glühlampen à 10 HK. Die Wagen haben also 30—78 HK im ganzen. Diejenigen Wagen, welche bis zu 58 HK haben, erhalten eine Batterie, bei höherer Kerzenzahl zwei Batterien.

Die gut isolirten Leitungen sind im Innern des Wagens verlegt und zwar die positive Leitung von der negativen vollständig getrennt, jede auf einer Längsseite des Wagens. Die Abzweigungen führen nach der Mitte der Wagendecke zu den einzelnen Lampen. Dicht neben dem Batteriebehälter am Untergestell ist eine Bleisicherung, sowie ein Stundenzähler, System Aubert, angebracht, welch letzterer die Stunden zählt, während welcher die Beleuchtung eingeschaltet ist.

Ausschalter für die einzelnen Lampen sind nicht vorgesehen, daher ist ein Auslöschen einzelner Lampen durch das Publikum nicht möglich. Zum Verdunkeln des Abtheils muss eine blaue Kappe vor

die Lampenglocke gezogen werden, in gleicher Weise wie bei der Gasbeleuchtung.

Als Nothbeleuchtung sind Kerzen vorgesehen.

Bei Verwendung von zwei Batterien arbeitet jede auf einen besonderen Stromkreis. Eine Parallelschaltung findet nicht statt.

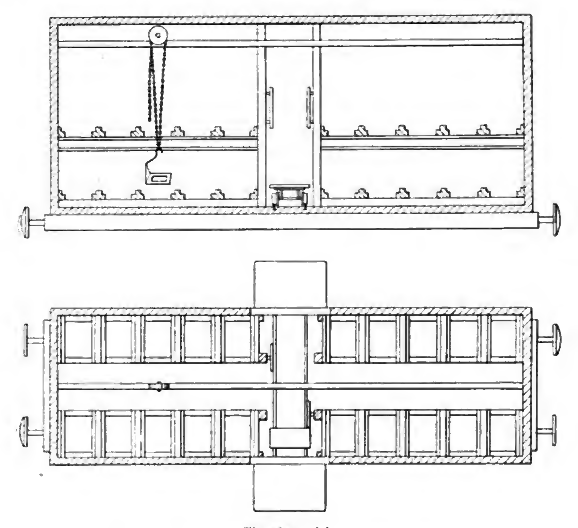


Fig. 45 a und b.
Einrichtung eines Sammelwagens, Jura-Simplon-Bahn.

Die Batterien werden in den Stationen Biel, Freiburg und Yverdon aufgeladen. Diejenigen Batterien, welche auf anderen Stationen ausgewechselt werden, müssen nach den Ladestationen gesandt werden. Dies geschieht bei den Stationen, welche eine grössere Zahl Batterien auswechseln, in besonderen Sammelwagen, in welchen die Batterien auch während der Ladung verbleiben. Die Einrichtung eines solchen Wagens geht aus Fig. 45 hervor. Die Batterien, welche mittels kleiner Transportwagen herangebracht sind, werden vermittelst einer Hebevorrichtung, bestehend aus einer Laufkatze mit Flaschen-

zug und einem Traghaken, auf die Gestelle befördert. Die Gestelle bieten entweder Raum für 40 oder 60 Batterien.

Da die Endspannung bei der Ladung einer Batterie 23 Volt beträgt, so werden je 5 Batterien hintereinandergeschaltet geladen mit einer Spannung von 115 Volt. Im Wagen befindet sich ein kleines Schaltbrett mit den entsprechenden Ausschaltern für 8 bezw. 12 Ladestromkreise, ferner ein solches mit einem Voltmeter für 120 Volt, einem solchen für 30 Volt, einem Strommesser für 25 Amp., einem Stundenzähler sowie den Anschlussklemmen der Ladeleitung.

Die Ladestation in Freiburg besitzt eine Dynamomaschine von 115 Volt 300 Amp. Leistung. Auf dem Ladeschaltbrett sind die Apparate für 12 Ladestromkreise vorgesehen, und zwar hat jeder Stromkreis 2 Bleisicherungen, 1 Strommesser, 1 Regulirwiderstand und eine Vorrichtung, welche bei einem Sinken der Ladestromstärke unter 13 Amp. eine blaue Lampe und bei einem Steigen derselben über 25 Amp. eine rothe Lampe einschaltet und gleichzeitig eine Klingel auslöst. Ferner befindet sich auf der Schalttafel ein Voltmeter für 120 Volt nebst Umschalter, um die Spannung in jedem Stromkreise ablesen zu können.

Die Leitungen gehen vom Schaltbrett nach der Ladehalle, in welcher sich Ladebänke sowie die Sammelwagen mit den zu ladenden Batterien befinden. Jede Ladebank nimmt 20 Batterien auf. Je fünf Batterien werden in Hintereinanderschaltung geladen. Falls eine Batterie in einem Stromkreis fehlt, wird ein fester Widerstand aus Eisendrahtspiralen für die gleiche Spannung an Stelle derselben eingesetzt.

Der Ladestrom beträgt 14—18 Amp. und dauert die Ladung $9^1/_2$ Stunden bei völlig entladenen Batterien.

In der Ladehalle befindet sich ebenfalls eine Laufkatze mit Flaschenzug und Traghaken wie in den Sammelwagen. —

Dem Beispiel der Jura-Simplon-Bahn folgend, ist die Schweizer Centralbahn gleichfalls zur elektrischen Beleuchtung übergegangen und hat gegenwärtig 100 Wagen eingerichtet. Die Batterien, welche von der Accumulatorenfabrik Oerlikon geliefert worden sind, bestehen ebenfalls aus 9 Elementen, doch sind dieselben zur leichteren Handhabung nicht sämmtlich in einem Holzkasten vereinigt, sondern nur je 3 Elemente; ausserdem ist jedes Element in einem besonderen Hartgummikasten aufgestellt. Jedes Element besitzt 4 positive und 5 negative Oberflächenplatten mit einer Leistung vom 160 Amp.-Std.

Die Wagen haben eine Beleuchtung von 55—105 HK.

Die Ladestation befindet sich in Olten.

Die Gotthardbahn hat im Jahre 1897 gleichfalls eine grössere Anzahl Schnellzugswagen ausgerüstet; für den grösseren Theil des Wagenparks ist jedoch Gasbeleuchtung eingeführt.

Ausschliesslich mit elektrischer Beleuchtung versehen sind die Wagen der Nebenbahnen: Emmenthalbahn, Seethalbahn, Toggenburgerbahn, Chemin de fer du Jura-Neuchâtelois, Neuenburg-Bern.

Die erste deutsche Bahn, welche die elektrische Beleuchtung eingeführt hat, ist die Dortmund-Gronau-Enscheder Bahn.

Die Anlage, welche von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft im Jahre 1893 ausgeführt worden ist, umfasst 26 Batterien für 30 Wagen. Die Batterien sind von der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W. geliefert, und besteht jede aus 8 Elementen in Hartgummikästen, von denen je 2 in einem tragbaren Holzkasten eingebaut sind. Ursprünglich sind positive Gitterplatten verwendet worden in einem gelatineartigen Elektrolyt, bestehend aus gelatinöser Kieselsäure, welche mit Schwefelsäure getränkt war; derselbe wurde nach Patent Ziervogel und Schoop aus Wasserglas und Schwefelsäure unter Beimischung von Asbest hergestellt. Später sind die Gitterplatten durch Oberflächenplatten ersetzt worden, da die Haltbarkeit der ersteren nur $2^1/_2$ Jahre im Durchschnitt betrug; zugleich ist an Stelle des gelatinösen Elektrolyts verdünnte Schwefelsäure verwendet worden. Die Leistung der mit Säure gefüllten Batterien ist 140 Amp.-Std. gegen 90 Amp.-Std. der mit Gelatine gefüllten.

Jedes Element hat 7 positive und 8 negative Platten von den Abmessungen $145 \times 150$ mm bei 5 mm Dicke. Die Aufstellung ist die gleiche, wie in Fig. 17 dargestellt. Die Verbindung der Batteriekästen unter sich erfolgt durch flexible Kabel mit Kontaktstöpsel.

Das Gewicht eines Elementes ist 20 kg, dasjenige des Holzkastens mit 2 Elementen 50 kg, mithin das Gesammtgewicht 200 kg ohne Behälter.

Jedes Abtheil I. Kl. hat eine Glühlampe von 16 HK, ein solches II. Kl. eine von 10 HK, ein Wagen III. Kl. drei Lampen von 10 HK, ein Wagen IV. Kl. zwei Lampen von 6 HK. Jede Lampe ist für sich ausschaltbar, so dass bei nicht besetztem Abtheile das Licht vom Schaffner gelöscht werden kann; es hat sich hierdurch eine wesentliche Ersparniss bis zu 50% an Lampenbrennstunden pro Jahr gegenüber der früheren Oelbeleuchtung erzielen lassen.

Die Ladung der Batterien erfolgt in einer besonderen Ladestation des Bahnhofs Dortmund. Die Anordnung derselben geht aus Fig. 46 hervor. Als Betriebskraft dient ein 10pferdiger Deutzer Gasmotor, welcher eine Gleichstrom-Dynamomaschine mit Nebenschlusswickelung von 65 Volt Spannung und 100 Amp. Stromstärke antreibt. Im

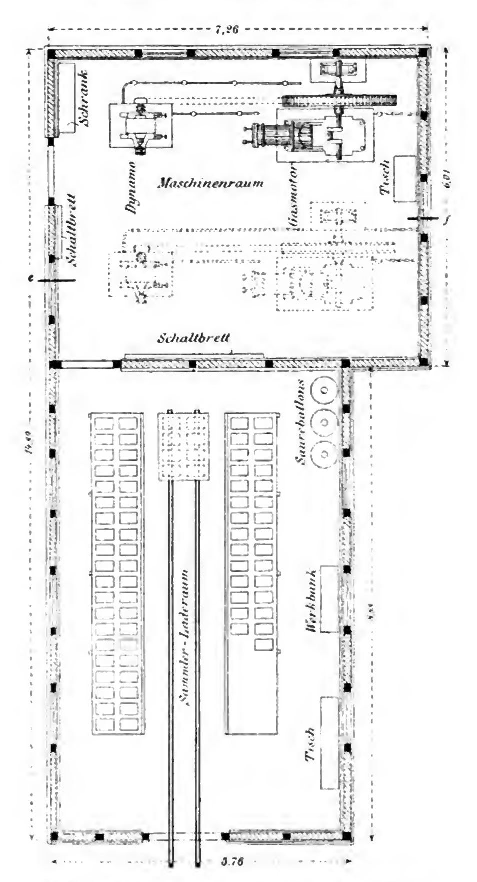



Fig. 46. Ladestation der Dortmund-Gronau-Enscheder Eisenbahn.

Maschinenraum ist ferner das Schaltbrett untergebracht, auf welchem sich die Apparate für 4 Ladestromkreise befinden. Da die Ladespannung jeder Batterie 21 Volt beträgt, so können 3 Batterien hintereinandergeschaltet in jedem Stromkreis geladen werden. Der Ladestrom beträgt 16 Amp. Für jeden Stromkreis ist ein Strommesser *Am* (Fig. 47 und 48), eine Bleisicherung *S*, ein Stromrichtungsanzeiger *St* und ein Regulatorwiderstand *W* vorgesehen, ausserdem die gleichen Apparate nebst einem Ausschalter für den gesammten Strom. Der Nebenschlusswiderstand *WN* regulirt die Dynamomaschine. Für etwaige Vergrösserung der Anlage durch eine zweite Maschine ist auf

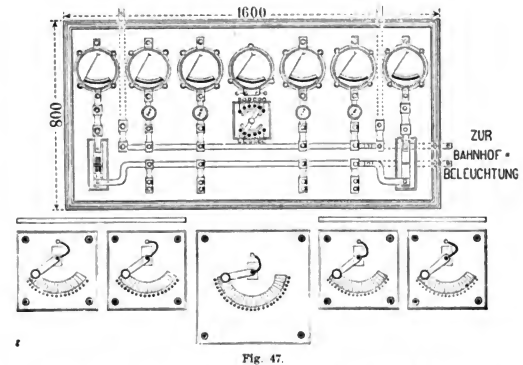



Fig. 47.
Schaltbrett für die Ladestation, Dortmund-Gronau-Enscheder Eisenbahn.

dem Schaltbrett Raum für die erforderlichen Apparate vorgesehen. Ferner befindet sich auf dem Schaltbrett ein Voltmeter nebst Umschalter *VU*, um jederzeit die Spannung der Maschine oder der Batterien jedes Ladestromkreises ablesen zu können.

Jeder Regulirwiderstand ist so eingerichtet, dass durch Vorschalten desselben auch nur eine Batterie von 8 Elementen geladen werden kann, indem derselbe bis zu 45 Volt reguliren kann.

Die Maschine dient nur am Tage für die Ladung der Batterie, zur Zeit der Dunkelheit beleuchtet sie den Bahnhof und die Werkstatt.

Dem Vorgange der Dortmund—Gronauer Bahn folgte bald eine grosse Zahl von Privat- und Kleinbahnen Deutschlands, so die Bahnen: Marienburg—Mlawka mit Akkumulatoren von Gottfried Hagen, Alt-

damm — Colberg und Ostpreussische Südbahn mit Akkumulatoren, System Boese, Westfälische Landesbahn, Prignitzbahn, Wittenberge—Perleberg, Mecklenburger Friedrich Wilhelmbahn, Königsberg—Cranz, Samlandbahn, Aurich—Wittmund—Leer mit Batterien der Accumulatorenfabrik A. G. Berlin-Hagen i. W. und andere mehr.

Die Marienburg—Mlawkaer Bahn verwendet Batterien von 8 Elementen, eingebaut zu je 2 in einen gemeinsamen Holzkasten. Jede

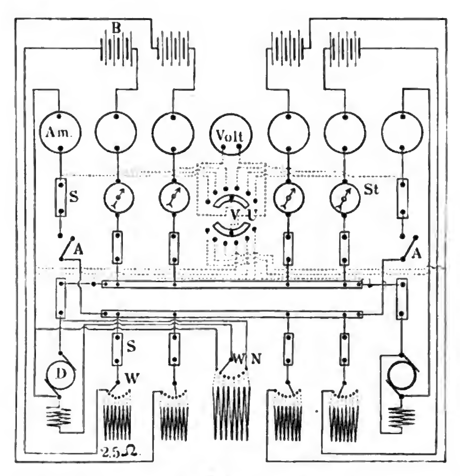



Fig. 48.
Schaltung für die Ladung, Dortmund-Gronau-Enscheder Eisenbahn.

Zelle hat 6 positive und 7 negative Platten von 150 × 180 mm. Die Verbindung der Holzkasten im Behälter am Wagenuntergestell erfolgt durch Stöpselklemmen.

Die Kapacität jeder Batterie beträgt 108 Amp.-Std. bei 28 Amp. höchst zulässigem Entlade- und 18 Amp. Ladestrom. Das Gewicht einer Batterie ist 170 kg. Die Ladung erfolgt in 6 Stunden.

Die Abtheile I. Kl. haben je eine 16 HK-Lampe, die II. Kl. je eine 10 HK, die III., IV. Kl., sowie Gepäck- und Zugführerräume je eine 6 HK-Lampe.

Ausser dem Hauptausschalter für jeden Wagen hat jedes Abtheil einen eigenen Ausschalter, so dass das Licht bei nicht besetztem Abtheil ausgeschaltet werden kann.

Durch die Wagenbeleuchtungs-Einrichtung wird zugleich die Perronbeleuchtung bewirkt, indem am ersten und letzten Personenwagen je ein Arm auf jeder Seite angebracht ist, bei dessen Auslegung sich selbstthätig eine 20 HK-Lampe einschaltet und so den meist nur 4 Personenwagen haltenden Zug besser beleuchtet, als dieses durch die Petroleumlampen der kleinen Stationen bisher geschehen.

Bei den Anlagen der Altdamm—Colberger und der Ostpreussischen Südbahn, welche von der Accumulatoren- und Elektricitätswerke A.-G. vorm. W. A. Boese & Co. ausgeführt sind, ist zu erwähnen, dass die Batterien, deren Leistung 110 Amp.-Std. bei 16 Volt beträgt, nicht in einem Behälter am Wagenuntergestell sich befinden, sondern in einem Raum unter den Sitzbänken, in welchen sie von aussen eingeschoben werden.

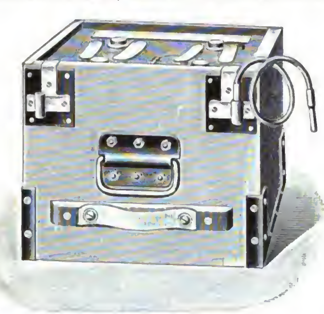


Fig. 49.
Batteriekasten, Westfälische Landesbahn.

Die Westfälische Landesbahn besitzt 75 elektrisch beleuchtete Wagen mit Batterien der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W.

Die Batterien haben eine Leistung von 65 Amp.-Std. bei 16 Volt Betriebsspannung. Jede Zelle hat 4 positive Oberflächenplatten, sowie 5 negative Gitterplatten von 140 $\times$ 100 mm bei 10 mm bezw. 5 mm Dicke. Das Gewicht einer Batterie beträgt 95 kg. Je 4 Elemente befinden sich in einem gemeinsamen Holzkasten. (S. Fig. 49.)

Die Königsberg—Cranzer Bahn, die Samlandbahn, sowie die Aurich—Wittmund—Leerer Bahn haben Batterien von 75 Amp.-Std. bei 7 Amp. Entladestrom und 16 Volt Spannung.

Auf den deutschen Staatsbahnen hat die elektrische Wagenbeleuchtung bis jetzt keinen Eingang finden können. Zwar sind Versuche mit einigen wenigen Wagen öfters angestellt worden, ohne jedoch zu einem befriedigenden Ergebniss zu führen. Die badischen Staatsbahnen allein haben einen grösseren Versuch unternommen und 50 Wagen installirt. Die Batterien, mit einer durchschnittlichen Kapacität

von 100 Amp.-Std. bei 6 Amp. Entladestrom, sind verschiedener Herkunft. Die Ladung erfolgt in einer besonderen Ladestation in Mannheim. Das Ergebniss der Versuche ist jedoch kein befriedigendes gewesen und werden dieselben eingestellt.

Durch die Versuche sollte gleichzeitig festgestellt werden, welches der verschiedenen Akkumulatorensysteme das geeignetste ist, um bei eventueller weiterer Einführung der Beleuchtung angenommen zu werden. So sind von einer grösseren Anzahl von Firmen Batterien bezogen und in den Betrieb eingestellt worden. Die Haltbarkeit der Elemente ist jedoch bei den meisten Systemen keine günstige gewesen. Die einheitliche Verwendung eines guten, wenn auch etwas weniger vollkommenen Systems sichert den Erfolg eines grösseren Versuches entschieden mehr, als die Anwendung einer Anzahl der verschiedensten, wenn auch besten Systeme, da alsdann das Interesse der liefernden Firma in ganz anderem Maasse an einem Gelingen des Versuches betheiligt ist und sich äussern kann.

Dass die Haltbarkeit der Batterien eine wirthschaftlich günstige, der Betrieb ein zuverlässiger ist und die elektrische Beleuchtung bei geeigneter, den jeweiligen Betriebsverhältnissen entsprechenden Wahl der Anordnung allen Anforderungen entspricht, braucht gegenwärtig wohl nicht erst durch Versuche bewiesen zu werden.

Die Preussischen Staatsbahnen haben einen Theil der Wagen des kaiserlichen Hofzuges mit elektrischer Beleuchtung versehen, allerdings die Gasbeleuchtung in diesen Wagen beibehalten. Die elektrische Beleuchtung wird nur bei Gegenwart der kaiserlichen Familie benutzt.

Jede Batterie besteht aus 12 Elementen Type III $GO_{50}$ der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W. mit einer Leistung von 112 Amp.-Std. bei 12 Amp. Entladestrom. Die Betriebsspannung ist 24 Volt. Jedes Element hat 3 positive und 4 negative Platten von $160 \times 190$ mm und 10 mm bezw. 5 mm Dicke. Die Aufstellung des Elements ist in Fig. 17 dargestellt. Je 4 Elemente befinden sich in einem gemeinsamen tragbaren Holzkasten, s. Fig. 18. Die Verbindung der Batteriekästen unter einander erfolgt durch Stöpselklemmen. Fig. 50 stellt den Batteriebehälter am Wagenuntergestell dar. Die Wagen haben Behälter für 4, einige auch für 6 Batterien. Die Anlage ist seit dem Frühjahr 1898 in Betrieb. In gleicher Weise ist der Wagen des Ministers der öffentlichen Arbeiten beleuchtet.

Ausgedehnte Verwendung hat das elektrische System bei der Beleuchtung der Bahnpostwagen der Deutschen Reichspost gefunden. Bei dem ausserordentlich anstrengenden Dienst der Beamten in den Wagen, besonders bei den Nachtschnellzügen, müssen an die Beleuchtung die höchsten Ansprüche gestellt werden, welchen das elektrische

Licht am besten entspricht. Ganz besonders kommt bei diesem zur Geltung, dass die Glühlampen gerade an denjenigen Stellen angebracht werden können, an denen das meiste Licht benöthigt wird, also vor den Beamten, welche ihre Arbeitsplätze vor den an den Wänden hinlaufenden Fachwerken haben, während die Gasflammen in der Mitte der Wagendecke befestigt werden müssen, also hinter den Beamten.

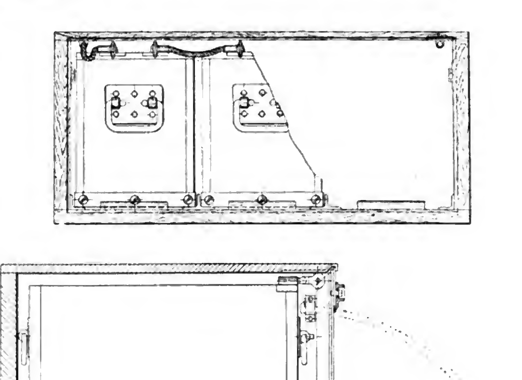


Fig. 50a und b.
Batteriebehälter, Hofzug des Deutschen Kaisers.

Daher braucht auch die Zahl der Glühlampen in den Bahnposten nicht grösser, eher geringer zu sein. Zudem hat jeder Wagen eine oder mehrere abnehmbare, an einem 7 m langen Kabel befestigte Ableuchtlampen, mit denen es ermöglicht ist, nicht nur jede beliebige Stelle im Wagen hell zu beleuchten, sondern auch die Ladeplätze ausserhalb des Wagens, wodurch der schnelle und sichere Austausch der Post, namentlich in stürmischen Nächten, wenn keine Laterne brennen will, erheblich gefördert wird.

Die Batterien, welche von der Accumulatoren- und Elektricitätswerke-A.-G. vorm. W. A. Boese & Co. in Berlin geliefert sind, be-

stehen aus 16 Elementen, von denen je 4 in einen gemeinsamen Holzkasten eingebaut sind. Die Platten sind Rahmen- oder Masseplatten, Fig. 11; der Aufbau des Elements und des Batteriekastens ist in den Fig. 22 und 23 dargestellt. Jedes Element besteht aus 4 positiven und 5 negativen Platten, die neueren aus 3 positiven und 4 negativen Platten mit einer Leistung von 120 Amp.-Std. Das Gewicht einer Batterie beträgt 184 kg.

In den Postbeiwagen mit geringem Lichtbedarf werden Batterien von 16 Volt Spannung verwendet, deren Elemente alle in einen Kasten (Fig. 51) eingebaut sind. Jede Batterie besteht aus 8 Celluloidzellen mit 1 positiven und 2 negativen Platten und leistet 24 Amp.-Std. Das Gewicht derselben ist 20 kg. Die Batterie speist eine Glühlampe von 7,5 HK. während 20 Stunden.




Fig. 51.
Batterie für Postbeiwagen

Im Archiv für Post und Telegraphie 1898 Nr. 1 hat Herr Rechnungsrat Pohl vom Reichspostamte eine Beschreibung der elektrischen Beleuchtung der Bahnpostwagen veröffentlicht. In derselben ist ausgeführt, dass bezüglich des Verhaltens der Platten als erwiesen angesehen werden darf, dass die positive Platte bei sachgemäfser Behandlung eine Lebensdauer von zwei Jahren besitzt, welche sich auf $1^1/_2$ und 1 Jahr vermindert, wenn häufige Überanstrengungen vorkommen, oder wenn Erschütterungen, Stösse und Schläge während der Fahrten, sowie bei dem Umstellen der Wagen besonders heftig sind. Die negative Platte hat unter gleichen Bedingungen eine Lebensdauer von vier bis vielleicht fünf Jahren.

Bei den grossen Bahnpostwagen sind die Batterien im Innern des Wagens in einem Schrank aufgestellt, welcher an der Seitenwand in der Nähe der Thüre angeordnet ist.

Die Installation des Wagens geht aus Fig. 52 hervor. Für jede Lampe ist ein Ausschalter und eine Bleisicherung vorgesehen.

Die 10 m langen Brief- und Päckereiwagen erhalten 5 Glühlampen, die 12 m langen Briefpostwagen 11 Lampen zu 12 HK. Die Glühlampen haben einen Kraftverbrauch von 2 Watt für die HK. Die Wagen erhalten je nach Erforderniss eine oder 2 Batterien.

Die Ladung erfolgt in besonderen Ladestationen auf den grossen Bahnhöfen. Die bei der Ladung verwendete Schaltung ist auf S. 75 beschrieben. Fig. 53 stellt das Innere einer Ladestation dar.

Gegenwärtig sind 1476 Bahnpostwagen oder 80 % aller vorhandenen Wagen ausgerüstet. Im Betriebe befinden sich 1735 Batterien

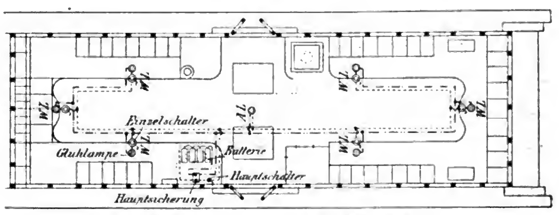



Fig. 52.
Lichtleitung eines Postwagens, Deutsche Reichspost.

zu 16 Zellen und 463 kleine Batterien zur Beleuchtung der Beiwagen, welche in 27 Ladestationen geladen werden.[1])

Dem Vorgange der Deutschen Reichspost ist in den letzten Jahren die Bayerische sowie die Oesterreichische Post gefolgt.

Die Bayerische Post verwendet Batterien von 16 Elementen System Boese mit 100 Amp.-Std. Capacität, von denen je 2 Elemente sich in einem Holzkasten befinden. Die Batterien werden gleichfalls im Innern des Wagens aufgestellt. Ausgerüstet sind 40 Wagen mit 92 Batterien. Die Ladestation befindet sich in München.

Die Oesterreichische Postverwaltung hat gegen 50 Wagen mit Batterien der gleichen Fabrik beleuchtet. —

Von österreichischen Bahnen hat die k. k. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn allein eine grössere Zahl Wagen mit elektrischer Beleuchtung ausgerüstet, und beabsichtigt, dies System weiter einzuführen.

[1]) S. auch Archiv für Post und Telegraphie, 1898, Nr. 1.

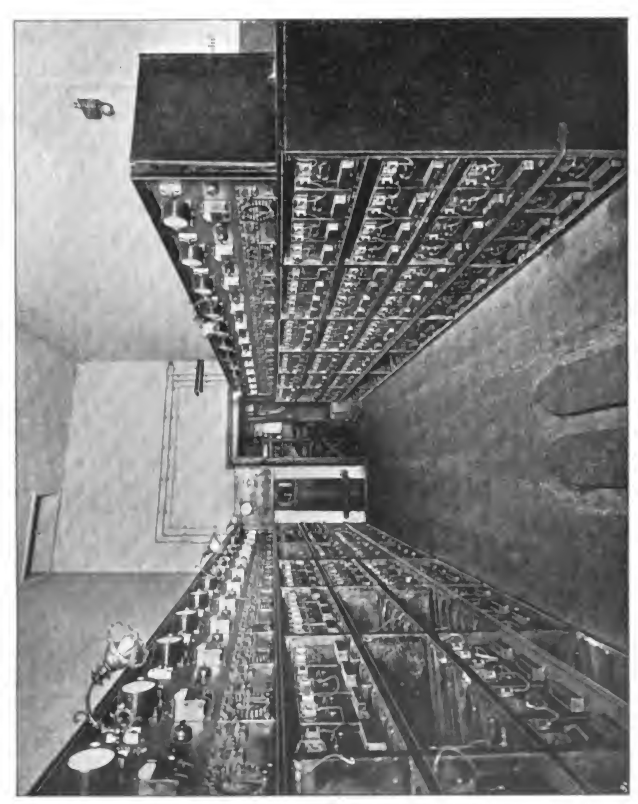


Fig. 53. Inneres einer Ladestation, Deutsche Reichspost.

Es sind ca. 140 Wagen beleuchtet mit Batterien, System Boese und System der Accumulatorenfabrik A.-G. Wien. Die von letzterer Fabrik jetzt bezogenen Batterien sind für eine Aufladung innerhalb 2 Stunden vorgesehen.

Die Batterien werden behufs Ladung aus dem Wagen genommen und in einer Ladestation auf dem Wiener Nordbahnhofe geladen. Die Leistung jeder Batterie ist 180 Amp.-Std. bei 6 Amp. Entladestrom; die Betriebsspannung ist 24 Volt.

Zur Beleuchtung werden durchweg Glühlampen von 6 HK verwendet, und hat jedes Abtheil 2 Lampen.

Versuchsweise eingeführt ist die elektrische Beleuchtung mit Akkumulatoren bei der Oesterreichischen Staatsbahn und der Aussig—Teplitzer Bahn. —

In grösserem Umfange hat die k. Ungarische Staatsbahn das System eingeführt. Gegenwärtig sind 160 Wagen elektrisch beleuchtet und 100 Wagen im Bau, für welche gleichfalls diese Beleuchtungsart vorgesehen ist.

Die Batterien sind geliefert von der Accumulatorenfabrik A.-G. General-Repräsentanz Budapest und von der Accumulatoren- und Elektricitätswerke-A.-G. vorm. W. A. Boese & Co. Von ersterer Firma sind Batterien mit Gitterplatten (Fig. 10), deren Kapacität 92 Amp.-Std. bei 7,6 Amp. Entladestrom beträgt und mit Oberflächenplatten (Fig. 14) für Schnellaufladung mit 120 Amp.-Std. bei 8 Amp. Entladestrom und 100 Amp. Ladestrom in Betrieb. Letztere Batterien haben Elemente mit 4 positiven und 5 negativen Platten von 160 × 190 mm Abmessung bei 10 bezw. 6 mm Dicke. Je 6 Elemente sind in einem gemeinsamen Holzkasten eingebaut. Das Gewicht dieses Kastens einschliesslich Elementen ist 70 kg für die Batterien und Gitterplatten, für diejenigen mit Oberflächenplatten 120 kg.

Die Batterien werden in Behältern an beiden Längsseiten des Wagenuntergestells untergebracht. Jeder Behälter hat für 3 Batterien Raum. Die Verbindung der Batteriekästen unter sich geschieht durch Stöpselkontakte.

Die Anordnung der Beleuchtung in den Wagen ist folgende: In jedem Abtheile sind je zwei in einem Lampenkörper gefasste Glühlampen von 8 HK, in den Gängen und Nebenräumlichkeiten je eine Lampe von 6 HK angebracht. Es befinden sich stets wenigstens 2 Batterien in jedem Wagen, bei grösserem Lichtbedarf aber 4, 6 oder auch mehr Batterien. Jeder Wagen hat zwei Stromkreise.

Die beiden Leitungen, welche von den positiven Polen der Batterien ausgehen, laufen durch den ganzen Wagen, die von den negativen Polen kommenden sind zu einer gemeinsamen Hauptleitung

vereinigt, und letztere ist mit den beiden positiven Hauptleitungen parallel geführt.

Die Abtheillampen sind in der Weise mit den Hauptleitungen verbunden, dass eine Lampe zu dem ersten, die andere zum zweiten Stromkreis gehört.

Das Stellen der Lampen auf Halbdunkel erfolgt mittels des Dunkelstellers, System Banovits, dadurch, dass die beiden in zwei verschiedenen Stromkreisen sich befindenden Lampen auf den einen oder den anderen Stromkreis hinter einander geschaltet werden. Da die Lampen alsdann nur die Hälfte der Spannung erhalten, leuchten die Fäden nur schwach rothglühend. Die Lampenkörper, in welchen die Glühlampen sich befinden, sind aus den alten Oellampen abgeändert worden. Die Schutzgläser sind aus mattirtem Glase.

Da die Glühlampen dicht an der hohen Wagendecke angebracht sind und von einer Lichtvertheilung Abstand genommen worden ist, so ist die Beleuchtung weniger hell, als sie bei entsprechender Anordnung der Lampen und der Leuchtkraft derselben hätte sein können.

Die Glühlampen brennen 300—500 Stunden, bevor ihre ursprüngliche Leuchtkraft um 25 % abgenommen hat, alsdann werden sie ausgewechselt.

Der Stromverbrauch eines Wagens mit 18 Lampen beträgt ca. 16 Amp. Bei 2 Batterien von 100 Amp.-Std. ist die Beleuchtungsdauer eine zwölfstündige, bei 4 Batterien eine vierundzwanzigstündige. Die Batterien werden so aufgestellt, dass die Behälter jeder Längsseite des Wagens die gleiche Anzahl erhalten, so dass die Belastung des Wagens eine gleichmässige ist.

Die Ladung der Batterien findet in Budapest statt und zwar in den am Ost- und Westbahnhofe errichteten Ladestationen. Die Batterien werden mit Rollwagen von den Wagen nach der Station transportirt. Je drei Batterien werden hinter einander geschaltet geladen. In jedem Stromkreis befindet sich ein Strommesser, eine Bleisicherung, ein Widerstand zur Aenderung der Ladestromstärke, ein selbstthätiger Ausschalter, welcher ausschaltet, sobald die Ladestromstärke über die zulässige Grenze steigt. Für mehrere Stromkreise ist ein gemeinsamer Spannungsmesser angeordnet. Es sind in der Station am Ostbahnhofe 30 Stromkreise vorgesehen, so dass 90 Batterien gleichzeitig geladen werden können.

Die Dauer der Ladung beträgt bei den Akkumulatoren mit Gitterplatten 8—10 Stunden, bei den mit Oberflächenplatten 1—3 Stunden.

Letztere werden nicht in der Ladestation, sondern in den Wagen selbst geladen. —

Von Privatbahnen hat in Ungarn die Vereinigte Arad-Czanader Eisenbahn ihren Wagenpark, bestehend aus ca. 70 Wagen, für elektrische Beleuchtung eingerichtet und 79 Batterien mit je 12 Elementen der Accumulatorenfabrik A.-G. Wien in Betrieb. Die Elemente leisten 160 Amp.-Std. bei 5,3 Amp. Entladung. Je zwei Elemente sind in einen Holzkasten eingebaut. Das Gewicht einer Batterie beträgt 180 kg.

Die Abtheile sind mit zwei Glühlampen von 6 HK beleuchtet, die in getrennten Stromkreisen liegen.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass die k. Ungarische Post 10 Post- und Ambulanzwagen mit Batterien derselben Firma ausgerüstet hat. —

Die Rumänische Staatsbahn hat gegen 90 Wagen elektrisch beleuchtet. Die Installation ist von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft ausgeführt, die Batterien sind von der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W. geliefert.

Jede Batterie besteht aus 12 Elementen Type VI $GO_{50}$ in Hartgummigefässen, zu je 3 Elementen in einen gemeinsamen Holzkasten eingebaut. Die Leistung ist 220 Amp.-Std., das Gewicht einer Batterie 400 kg.

Jedes Element besteht aus 6 positiven Oberflächenplatten und 7 negativen Gitterplatten. Der Einbau ist der gleiche, wie in Fig. 17 angegeben, jedoch ist der Hartgummideckel nicht auf das Gefäss fest aufgekittet, sondern er liegt lose auf, dass der Wärter jederzeit Einblick in das Element nehmen und den Zustand und das Verhalten der Platten feststellen kann.

Eine derartige Anordnung ist natürlich nur möglich, wenn die Batterien zum Laden im Wagen verbleiben. Für die Wartung und Instandhaltung der Anlage ist die Anordnung eines leicht entfernbaren Deckels von hohem Werth. Der Wärter kann kleine Unregelmässigkeiten im Element sofort bemerken und das Element ohne grosse Mühe wieder in normalen Zustand setzen, was bei dicht geschlossenen Elementen natürlich nicht in dem Maasse der Fall ist. Es kommt bei geschlossenen Elementen zuweilen vor, dass Platten durch Kurzschluss leiden und deshalb eher erneuert werden müssen als bei offenen Elementen, bei welchen ein Kurzschluss leichter vermieden werden kann.

Jeder Wagen ist beleuchtet mit 9 Glühlampen von 8 HK und zwar jedes Abtheil mit 2 Lampen, der Korridor mit 1 Lampe. Die Batterie befindet sich in einem Behälter am Wagenuntergestell und wird nur zwecks Revision und Reparatur aus demselben genommen.

Die Dauer der Ladung, welche auf dem Bahnhofe in Bukarest erfolgt, beträgt höchstens zwei Stunden. —

In Frankreich hat besonders die Französische Nordbahn die Akkumulatorenbeleuchtung nach längeren Versuchen in grösserem Umfange eingeführt. Gegenwärtig sind 200 Wagen beleuchtet, und die Einrichtung wird zunächst auf 1200 Wagen ausgedehnt.

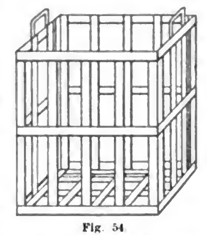


Fig. 54
Korb für Elemente, Französ. Nordbahn.

Die Batterien, System Laurent-Cély, sind von der Société du Travail électrique des métaux geliefert und bestehen aus je 16 Elementen, zu 2 in einen Korb (Fig. 54) aus Eisen mit Bleiüberzug eingebaut. 14 Elemente sind im Betriebe, 2 dienen zur Reserve. Jedes Element besteht aus 6 positiven und 7 negativen Gitterplatten (siehe Fig. 13) von den Abmessungen 200 mm Höhe, 100 mm Breite, 6 mm Dicke. Jedes Element wiegt 23,5 kg, ein Korb mit 2 Elementen 47 kg, mithin ist das Gewicht einer Batterie 375 kg, wozu noch 150 kg für die Batteriebehälter kommen. Die Leistung eines Elements ist 140 Amp.-Std.

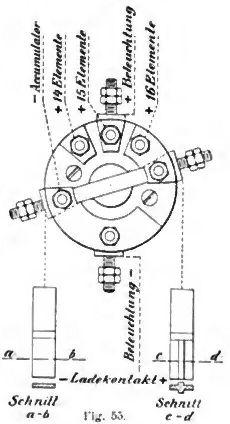



Fig. 55.
Zellenschalter, Französische Nordbahn.

Die Batterien sind in Behältern an den Längsseiten des Wagenuntergestells untergebracht. Neben einem dieser Behälter befindet sich ein Zellenschalter (Fig. 55), durch welchen ein oder zwei Zellen zu- oder abgeschaltet oder die ganze Batterie ausgeschaltet werden kann. Dieser Schalter hat gleichzeitig zwei Kontakte für die Ladeleitung, da die Batterien im Wagen geladen werden. Bei den Durchgangswagen besteht jede Batterie aus 30 Elementen und findet für den internen Verkehr eine Batterie, für den internationalen deren zwei Verwendung.

Die Glühlampen haben 10 HK bei einer Spannung von 28 Volt in den Personen- und Gepäckwagen, sowie den Signallaternen, bei den Durchgangswagen beträgt die Spannung 55 Volt. Der Kraftverbrauch der Lampen ist 2,5 Watt pro HK, ihre Lebensdauer beträgt wenigstens 250 Brennstunden. In neuester Zeit sind mit Erfolg Lampen von 1,5 Watt benutzt worden.

Die Lampen sind an der Decke des Wagens angebracht, nur in den Durchgangswagen sitzen die Glühlampen an kleinen Wandarmen, die an den Wänden des Abtheils über den Plätzen angeordnet sind. In letzterem Falle hat jede Lampe einen Ausschalter.

An der Stirnseite des Wagens befindet sich der Ausschalter für sämmtliche Lampen, welcher mittels Schaffnerschlüssels bedient wird.

Bei den gewöhnlichen Wagen mit Deckenlampen sind Oellampen als Nothbeleuchtung vorgesehen, welche nach Entfernung der elektrischen Deckenbeleuchtung leicht eingesetzt werden können; bei den Durchgangswagen werden Kerzen benutzt.

Die Ladung erfolgt mit konstanter Spannung innerhalb 2 bis 3 Stunden. Fig. 56 stellt den Stöpselkontakt der Ladeleitung dar mit einem + Querschnitt für die positive und einem — Schnitt für die negative Leitung. —

In Italien haben mehrere Bahngesellschaften mit Einführung der elektrischen Beleuchtung begonnen. Die Mittelmeerbahn hat zur Zeit 165 Wagen eingerichtet, die Meridionalbahn gegen 100 Wagen.

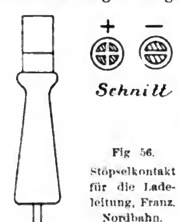



Fig. 56. Stöpselkontakt für die Ladeleitung, Franz. Nordbahn.

Die Batterien, von G. Hensemberger in Monza geliefert, bestehen aus je 12 Elementen mit einer Leistung von 130 Amp.-Std. bei 15 Amp. Entladestrom.

Die Platten haben dieselbe Konstruktion wie diejenigen von Gottfried Hagen Fig. 12. Jedes Element hat 9 positive und 10 negative Platten der Abmessungen 155 × 140 × 4 mm.

Als Elementgefässe dienen dreitheilige Hartgummikästen, in welchen 3 Elemente Platz finden. Je 6 Elemente sind eingebaut in einen gemeinsamen niedrigen Holzkasten (Fig. 57). Vor dem positiven Pol ist eine Bleisicherung für 25 Amp. angeordnet.

Das Gewicht eines Kastens mit 6 Elementen ist 100 kg.

Jeder Wagen hat am Wagenuntergestell zwei Behälter für die Batterien; in jedem Behälter können 2 Kästen mit 6 Elementen untergebracht werden.

Jedes Abtheil ist mit einer Deckenlampe von 16 HK beleuchtet; beträgt die Zahl der Lampen sechs, so genügt eine Batterie für 18 Stunden, für eine längere Brenndauer bis zu 32 Stunden werden zwei Batterien benutzt.

Die Ladung erfolgt ausserhalb des Wagens auf den Stationen Mailand, Turin und Rom, in Vintimille und Neapel werden die Einrichtungen für die Ladung jetzt vorgesehen.

Die Dauer einer Ladung beträgt 8 Stunden. —

In England wie in Russland befinden sich gleichfalls Anlagen mit reiner Akkumulatorenbeleuchtung im Betrieb, allerdings nur von geringem Umfange.

Bei den Bahnen der Vereinigten Staaten von Nordamerika ist das System nur in wenigen Wagen auf der Chesapeake & Ohio Ry. eingeführt, und es ist fraglich, ob dasselbe bei den dortigen Anforderungen: reiche Beleuchtung bei ausserordentlich grosser Brenndauer ohne Wiederaufladung der Batterien, sich gegenüber dem Maschinensystem allgemeiner einführen wird.

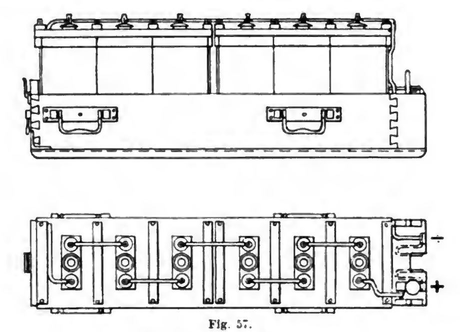


Fig. 57.
Batteriekasten, Italienische Mittelmeerbahn.

Von den aussereuropäischen Bahnen ist zu erwähnen, dass die Bahnen des Kaplandes ca. 600 Wagen beleuchtet haben. Die Batterien stehen im Gepäckwagen.

Fig. 58 zeigt die Batterie-Einrichtung des Wagens für den Vicekönig von Indien. Die Batterien, welche von der Accumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i/W. geliefert sind, sind an einer Stirnseite des Wagens in einem Schrank untergebracht. Bei den Personenwagen indischer Bahnen befinden sich dieselben in Behältern am Wagenuntergestell.

Ein eigenartiges System der elektrischen Beleuchtung ist in England auf der District and Metropolitan Railway eingeführt.

In jeder Ecke eines Abtheils ist ein Apparat mit einer Glühlampe so angeordnet, dass das Licht über die Schulter des Reisenden auf das Buch oder die Zeitung fällt. Durch Einwurf eines Penny in den

Apparat schaltet sich die Glühlampe auf die Dauer einer halben Stunde in den Stromkreis einer Batterie ein.

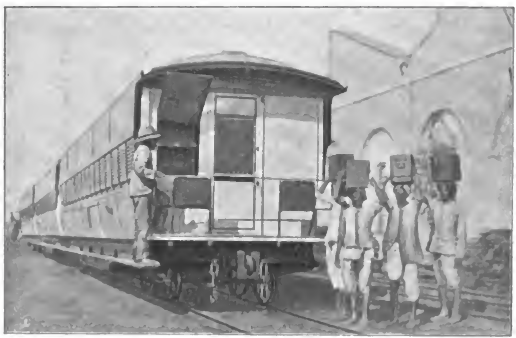


Fig. 58a.



Fig. 58b.

Fig. 58a und b. Batterieanordnung im Wagen des Vicekönigs von Indien.

In jedem Abtheil befindet sich eine Batterie von 6 Zellen. Zur Ladung werden die Batterien aus dem Wagen genommen. Trotzdem die Einrichtung bereits seit 1894 besteht, hat dieselbe keine weitere Verbreitung finden können.

## VII. Kapitel.

# Allgemeine Bemerkungen über elektrische Beleuchtung.

Die Zahl der gegenwärtig mit elektrischer Beleuchtung ausgerüsteten Wagen dürfte im ganzen 12000 betragen, wovon ca. 5500 Wagen Maschinenbetrieb und ca. 6500 Wagen Akkumulatorenbetrieb haben.[1])

Während auf den Bahnen des europäischen Kontinents die reine Akkumulatorenbeleuchtung fast ausschliesslich vorherrscht, und Systeme mit Maschinenbetrieb noch nirgends festen Fuss haben fassen können, ist in England der Betrieb mit Maschinen besonders nach System Stone bevorzugt, das letztere gilt auch von den Bahnen der aussereuropäischen Länder.

Wenn auch die Entwicklung der elektrischen Beleuchtung anfangs, infolge der vielen Misserfolge, eine ausserordentlich langsame gewesen ist, so ist ihre Zunahme, besonders in den letzten Jahren, eine verhältnissmässig bedeutende zu nennen. Dieses ist um so bemerkenswerther, als diese Zunahme zu einer Zeit erfolgt ist, in welcher die Gasbeleuchtung durch die Einführung des Mischgases einen ganz wesentlichen Fortschritt zu verzeichnen gehabt hat, und der Umstand zu berücksichtigen ist, dass diejenigen Bahnen, welche am meisten Werth auf gute Beleuchtung legen, wie die deutschen Staatsbahnen, sowie die englischen Bahnen, bereits vollständig oder zum grössten Theil Gasbeleuchtung eingeführt haben, an deren Entfernung infolge der in den erforderlichen Anlagen festgelegten Kapitalien zunächst nicht zu denken ist.

---

[1]) Verfasser hat in seinem Referat gelegentlich der Diskussion über elektrische Zugbeleuchtung im Elektrotechnischen Verein zu Berlin am 27. November 1900 (Elektrotechn. Zeitschrift 1901, Heft 1) die Zahl von 8000 Wagen angegeben, da ihm nicht bekannt gewesen, dass die Firma J. Stone & Co. bereits ca. 5000 Wagen ausgerüstet hat.

In der That sind die Vorzüge des elektrischen Lichtes für die Personenwagen vor allen andern Beleuchtungsarten derart, dass es wohl zu verstehen ist, wenn diejenigen Bahnen, welche dem öffentlichen Bedürfnisse entsprechend eine bessere Beleuchtung als die mit Kerzen, Oel, Petroleum einzuführen beabsichtigen, ihr Interesse vor allem dem elektrischen System zuwenden.

Es entsteht nun zunächst die Frage, welche der bestehenden, mehr oder weniger erprobten Anordnungen bei den jeweilig vorliegenden Betriebsverhältnissen als die geeignetste anzuwenden ist.

Für den Maschinenbetrieb spricht zunächst anscheinend die Unabhängigkeit von einer Ladestation, die Möglichkeit, für alle Betriebsverhältnisse ohne weiteres brauchbar zu sein, die dadurch bedingte Einfachheit des Betriebes und die geringen Kosten für die Betriebskraft, zu deren Erzeugung keine besondere Bedienung erforderlich ist, und die ohne erheblichen Mehraufwand von Kohlen in der Lokomotive durch die Bewegung des Zuges geliefert wird; die Akkumulatorenbatterien brauchen nur von geringer Grösse zu sein, ausreichend, um den Lichtbedarf für einige wenige Stunden zu decken, infolgedessen auch die Kosten für die Unterhaltung derselben entsprechend kleiner sein sollten, als bei reinem Akkumulatorenbetrieb.

Dahingegen bedingt der reine Akkumulatorenbetrieb das Vorhandensein einer Ladestation, in welcher die Batterien mit neuer Energie versehen werden, erfordert Bedienung bei der Ladung, an die allerdings in dem Falle der Ladung in dem Wagen selbst nur geringe Anforderungen gestellt werden. Die Bedienung der Beleuchtung ist aber vollständig auf das Anzünden und Auslöschen der Lampen beschränkt; eine Regulirung der Beleuchtung ist nicht erforderlich.

Der wichtigste Nachtheil des reinen Akkumulatorenbetriebes ist der beschränkte Vorrath an elektrischer Energie, welcher in den Batterien aufgespeichert ist, und die verhältnissmässig lange Dauer der Ladung, welche je nach der verwandten Akkumulatorenart zwischen eine und zehn Stunden beträgt.

Die Kosten der elektrischen Energie spielen ferner eine nicht unerhebliche Rolle in den Betriebskosten.

Den Vorzügen des Maschinenbetriebes stehen jedoch auch nicht unbedeutende Nachtheile gegenüber, welche es begründet erscheinen lassen, dass die Bahnen des europäischen Kontinents zunächst noch den reinen Akkumulatorenbetrieb bevorzugen, zumal hier die Verhältnisse nur in wenigen Fällen so liegen, dass vom Akkumulatorenbetrieb wegen des Erfordernisses zu grosser Batterien abgesehen werden müsste.

Wie schon aus den Beschreibungen der einzelnen Systeme zu ersehen ist, bedingt die Anordnung einer von der Wagenachse angetriebenen Dynamomaschine sehr komplicirte Apparate, welche von einer durchaus soliden Konstruktion und von zuverlässiger Wirkung sein müssen, der Antrieb der Maschine selbst bietet recht bedeutende Schwierigkeiten, und die Kontrole der Akkumulatorenbatterien, von deren zuverlässigem Funktioniren die Güte der Beleuchtung wesentlich abhängt, ist theilweise ungenügend. Die Unterhaltung der Batterien kann infolgedessen theurer werden wie beim reinen Akkumulatorenbetrieb.

Jedenfalls erfordern die gegenwärtigen Maschinensysteme eine sehr sorgfältige und sachverständige Wartung für ein zuverlässiges Funktioniren, viel mehr als der reine Akkumulatorenbetrieb, dessen Handhabung einfach ist.

Bei reich beleuchteten Wagen, welche ausgedehnte Strecken durchlaufen, bevor sie an die Ausgangsstation zurückkehren, ist die Maschinenbeleuchtung entschieden vortheilhafter als die Batteriebeleuchtung. Es trifft dies z. B. für die Bahnen Nordamerikas, theilweise auch Russlands, sowie für die internationalen Luxuszüge zu.

Allerdings würde auch reine Batteriebeleuchtung für diese Bahnen durchführbar sein, wenn an grösseren Aufenthaltsstationen die Batterien ausgewechselt werden könnten. So lange jedoch eine solche Möglichkeit nicht besteht, ist dieselbe nicht durchführbar.

Für Verhältnisse, wie sie auf unseren deutschen Staatsbahnen vorliegen, ist der reine Akkumulatorenbetrieb vollständig durchführbar. Nur eine verhältnissmässig geringe Zahl der Wagen, welche für die längsten Linien des internationalen Verkehrs dienen, kommt für Maschinenbeleuchtung in Betracht.

Die schwierigste Aufgabe auf den deutschen Bahnen bieten ja die Bahnpostwagen. Die Beleuchtung muss hier eine aussergewöhnlich reichliche sein, reichlicher wie die der meisten Personenwagen. Diese Wagen haben die längsten Kurse innerhalb Deutschlands zu durchfahren und müssen also die gleiche Beleuchtungsdauer haben wie die anderen Wagen, dazu kommt, dass dieselben oft stundenlang vor der Fahrt für die Einnahme der Post beleuchtet sein müssen. Das Gleiche ist für die Ausgabe der Post der Fall. Nun ist aber gerade bei den Bahnpostwagen die elektrische Beleuchtung in Deutschland nahezu vollständig durchgeführt und zwar mit reinem Akkumulatorenbetrieb.

Es entsteht nun die Frage: Ist es zweckmässiger im Wagen oder ausserhalb des Wagens zu laden? Die Reichspostverwaltung ladet bekanntlich ausserhalb des Wagens. Ein derartiges Verfahren ist ja wohl für die verhältnissmässig geringe Anzahl Postwagen, welche von

einem Bahnhof ausgehen, die zudem behufs Füllung mit Poststücken auf einem für die Auswechselung günstig liegenden Geleise stehen, angängig, obgleich auch hier, falls die örtlichen Verhältnisse es nur irgend gestatten, die Ladung der Billigkeit des Betriebes wegen im Wagen vorgenommen werden sollte. Für die Durchführung des Betriebes auf einem grossen Bahnhofe würde jedoch die allgemeine Aufladung ausserhalb des Wagens vollständig ausgeschlossen sein. Es kann also hier nur die Aufladung im Wagen selbst in Frage kommen.

Damit nun die Batterien im Wagen selbst aufgeladen werden können, ist es naturgemäss erforderlich, dass die Züge auf den Abstellbahnhöfen auch für diese Manipulation genügend Zeit haben.

Prüft man nun, wie gross durchschnittlich die Dauer des Aufenthalts der Züge auf diesen Bahnhöfen ist, so findet man, dass weitaus die grösste Anzahl der Wagen einen wesentlich längeren Aufenthalt als 5 Stunden haben. Sehr wenige Züge haben nur 4, 3 und 2 Stunden Aufenthalt, selten kommt ein noch kürzerer in Frage.

Die Dauer der Ladung hängt natürlich davon ab, wie schnell man die Batterien aufladen will. Es ist keineswegs ein Nachtheil, die Batterie in Zeiten von 1 oder 2 Stunden aufzuladen, jedoch verursacht die Installation der Ladeleitungen um so höhere Kosten, je schneller die Ladung erfolgen soll. Man wird also langsamer laden und zwar erscheint es zweckmässig, die Ladezeit für eine vollständig entladene Batterie durchnittlich zu 2 bis 3 Stunden anzunehmen. Da nun die Beleuchtungszeit im Sommer eine wesentlich geringere ist, und auch im Winter der stärkste Lichtverbrauch nur während verhältnissmässig kurzer Zeit sattfindet, so wird während des grössten Theils des Jahres die Ladezeit eine bedeutend geringere sein. Für Züge, welche einen kürzeren Aufenthalt als 2 Stunden haben, wird es kaum irgendwelche Schwierigkeiten verursachen, die Batterien gegen neu geladene auszuwechseln. Das Gleiche wird eintreten müssen, wenn Zugverspätungen vorkommen. Im Sommer würde bei der Grösse der Batterien, die ja für die stärkste Winterleistung berechnet sein müssen, es nichts ausmachen, wenn einmal an einem Tage nicht aufgeladen wird.

Der Unterschied des Betriebes gegenüber dem Betriebe mit Gas ist also im wesentlichen nur der, dass die Füllung der Batterien länger dauert und dass event. auch bei einigen Wagen Batterien ausgewechselt werden. Dies hat jedoch in betriebstechnischer Beziehung kaum einen nennenswerthen Nachtheil. Personal ist ebenso wie bei Gas nur nöthig während der Ladung, nicht während der Fahrt.

Aehnlich wie nun bei kleinen Bahnhöfen, welche keine eigene Gasanstalt haben, das Gas durch Transportwagen zu den von diesen Stationen auslaufenden Zügen befördert wird, so wird man nach

solchen Stationen auch Batterien befördern, zweckmässig in Sammelwagen nach dem Vorgange der Jura-Simplonbahn. Für solche Bahnhöfe muss also eine Auswechselung der Batterien vorgesehen werden, wenn man es nicht für vortheilhafter hält, kleine Ladestationen einzurichten, welche gleichzeitig zu Bahnhofs- oder Streckenbeleuchtung benutzt werden, oder wenn man nicht vorzieht, von einer privaten oder einer Gemeinde gehörigen Anlage den Strom zu beziehen. Das Erforderniss, die Batterien zu versenden, wird jedoch bei weitem nicht in dem Umfange nothwendig sein, wie es bei der Gasbeleuchtung mit dem Versande des Gases der Fall ist. Es bestehen für die Preussischen Staatsbahnen 50 Gasanstalten, von welchen aus das Gas den einzelnen Stationen auf Transportwagen zugeführt wird. Die Zahl der Stationen dieser Verwaltung, welche elektrische Maschineneinrichtung haben, ist zweifellos, wenn nicht schon jetzt, so doch in absehbarer Zeit ganz bedeutend grösser.

Was nun die Einrichtung der Wagen betrifft, so wird es genügen, dieselben mit Batterien, welche für eine ca. 20 stündige Beleuchtungsdauer ausreichen, auszurüsten. Die reicher beleuchteten Wagen würden die doppelte Anzahl Batterien erhalten. Hiernach würden die Batterien wohl alle Anforderungen, welche an die innerhalb Deutschlands laufenden Wagen gestellt werden, erfüllen, kommt doch die Reichspostverwaltung mit einer 27 stündigen Beleuchtung der Batterien aus.

Durch diese Theilung der Batterien hat man auch noch den weiteren Vorzug, dass, wenn ein Wagen, welcher bisher eine Beleuchtungsdauer von 30 Stunden erforderte, auf eine Linie eingestellt wird, welche nur 15 stündige Beleuchtung benöthigt, derselbe alsdann mit einer entsprechend geringeren Zahl von Batterien ausgerüstet wird. Bei der Gasbeleuchtung ist eine derartige Gewichtsverminderung nicht möglich.

Es werden naturgemäss von Zeit zu Zeit Revisionen der Batterien erforderlich, welche in einem bestimmten Turnus vorgenommen werden müssen. Zu diesem Zweck wird die Batterie aus dem Behälter genommen, und erhält der Wagen dann eine den Reservebeständen entnommene neue Batterie. Die Wartung und Beaufsichtigung der Batterien ist einfach, muss aber natürlich eine durchaus zuverlässige sein.

Die bestehenden Maschinenanlagen können mit verhältnissmässig nicht bedeutenden Kosten für den Zweck der Ladung der Batterien geeignet gemacht werden. Es ist zu beachten, dass der grösste Theil des Strombedarfes für die Wagenbeleuchtung während des Tages gefordert wird. Die Maschine muss natürlich in der Lage sein, den Ladestrom für soviel Wagen herzugeben, als gleichzeitig zur Ladung kommen. Es wird diese Zahl natürlich an den verschiedenen Stationen

eine verschiedene sein. Ebenso trifft dies bezüglich der Zeit zu, in welcher diese grösste Stromabgabe stattfindet. Da nun, wie bereits vorher bemerkt, nur verhältnissmässig wenige Züge einen kürzeren Aufenthalt als 5 Stunden auf den Abstellbahnhöfen haben, meist aber einen beträchtlich längeren, so wird die Reihenfolge der Ladung der Züge meist so vertheilt werden können, dass die Maschine möglichst gleichmässig belastet läuft.

Auf diese Weise ist die elektrische Beleuchtung auf Bahnnetzen wie unser deutsches ohne Schwierigkeit und ohne nennenswerthe Aenderungen oder Erschwerungen des jetzigen Betriebes durchführbar.

Naturgemäss ist es wesentlich, dass zur Verwendung ein bereits in der Praxis ausprobirtes, erstklassiges Akkumulatorensystem gelangt.

Dass natürlich an Stelle des reinen Akkumulatorenbetriebes ein ausprobirtes System mit Maschinenbetrieb gleichfalls mit Erfolg bei entsprechender Organisation der Kontrole und Wartung eingeführt werden kann, braucht nicht erst betont zu werden.

Bei der raschen Entwicklung der Elektrotechnik ist zu erwarten, besonders angesichts des grossen Interesses, welches gegenwärtig allgemein der elektrischen Beleuchtung seitens der Bahnverwaltungen entgegengebracht wird, dass Anordnungen für Maschinenbeleuchtung vorgeschlagen werden, welche wesentlich einfacher sind und an die Intelligenz der Bedienung weniger Anforderungen stellen, als die gegenwärtigen, doch recht komplicirten Systeme. Besteht alsdann bereits der reine Akkumulatorenbetrieb, so lässt sich eine zweckmässige Maschinenanordnung leicht einfügen.

Bei Bahnen mit einfachen Betriebsverhältnissen, wie z. B. bei deutschen Privatbahnen, Neben- und Kleinbahnen mit wenigen Zügen, ist eine Auswechselung der Batterien für die Ladung leicht und ohne Mühe durchzuführen. In den meisten Fällen lässt sich die Anordnung der Batterien in einem Wagen des Zuges, dem Gepäckwagen oder einem Abtheile III. Kl. durchführen, was naturgemäss auch hier den Betrieb wesentlich vereinfacht und die Wartung der Batterie erleichtert.

Wie schon bemerkt, sind Ausführungen für geschlossene Zugbeleuchtung bis jetzt wenig ausgeführt. Dahingegen erscheint ein solches System nach Ansicht hervorragender Eisenbahnfachleute auch für allgemeine Einführung für unsere deutschen Verhältnisse durchaus durchführbar, wenn dabei komplicirtere, selbstthätige Apparate oder gar Inanspruchnahme des Zugpersonals für die erforderlichen Spannungsregulirungen vermieden sind.

Soll eine Regulirung der Maschine vermieden werden, so muss dieselbe mit einer konstanten Spannung von ca. 2,35—2,45 Volt für

jedes Element der benutzten Batterie betrieben werden, so dass die Batterie immer unter Ladung steht und doch eine schädliche Ueberladung ausgeschlossen ist. Der Antrieb der Dynamo erfolgt alsdann zweckmässig von einer Dampfmaschine, welche ihren Dampf von der Lokomotive erhält. Hat man nun in jedem Wagen eine Batterie von 36 Elementen entsprechend einer Betriebsspannung von ca. 65 Volt, so wird die Spannung der Maschine auf $36 \times 2{,}4 =$ rund 86 Volt gehalten. Die Batterien der Wagen sind parallel zu der Maschine geschaltet ohne Zwischenschaltung eines Widerstandes.

Dahingegen ist natürlich ein Widerstand für den Lampenstromkreis in jedem Wagen erforderlich. Dieser Widerstand muss so konstruirt sein, dass derselbe selbstthätig Widerstandsspulen aus- und einschaltet, je nach der Zahl der im Wagen brennenden Lampen, sowie zum Ausgleich von Spannungsschwankungen. Um diesen selbstthätigen Apparat zu vermeiden, hat der Verfasser vorgeschlagen, vor jede Lampe einen konstanten Widerstand zu schalten. Wird nun die Lokomotive, welche den zum Betriebe der Maschine erforderlichen Dampf liefert, abgeschaltet, so muss die Batterie die Lampen an Stelle der Maschine speisen. Es ist deshalb für jeden Wagen immerhin ein selbstthätiger Umschalter erforderlich, allerdings einfachster Konstruktion, welcher von dem Stromkreis der Maschine auf den Stromkreis der Batterie umschaltet, so dass die Widerstände ausgeschaltet werden. Wenn auch ein derartiger Umschalter sehr einfach ist, so ist es immerhin wünschenswerth, auch diesen zu vermeiden. Es lässt sich nach dem Vorschlag von C. Liebenow dies dadurch bewirken, dass man für jeden Wagen 2 Batterien verwendet, von denen die eine die Lampen speist, während die andere sich im Ladestromkreis befindet. Die Batterie, welche des theilweise hohen Ladestroms wegen aus Grossoberflächenplatten bestehen muss, hat nur eine für wenige Beleuchtungsstunden ausreichende Kapacität. Die Lampenausschalter müssen natürlich gleichzeitig den Widerstand der Lampe mit ausschalten.

Diese Schaltung kann wesentlich vereinfacht werden, und zwar durch Verwendung von besonderen Drahtwiderständen vor jeder Lampe wie solche von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft für die Nernstlampen hergestellt werden. Diese Widerstände, welche auf nahezu konstanten Strom innerhalb grosser Spannungsgrenzen reguliren, ermöglichen eine Vermeidung aller durch Mechanismen bethätigten selbstthätigen Regulirapparate.

Ein Versuch hat ergeben, dass bei Verwendung von Glühlampen von 52 Volt, vor welche ein derartiger Widerstand geschaltet ist, die Spannung des Stromkreises von 85 Volt, entsprechend der Maschinenspannung, bis 60 Volt sinken kann, ohne dass an der Glühlampe eine

bemerkbare Abnahme der Helligkeit eintritt. Man wird also den Dampf der Lokomotive abstellen können, ohne das Brennen der Lampe zu beeinflussen. Das Gleiche ist beim Einschalten der Maschine der Fall.

Fig. 59 stellt einen derartigen Widerstand dar. Derselbe hat die Form einer Glühlampe; an Stelle des Kohlenfadens befindet sich jedoch ein feiner Eisendraht in der Glasglocke, welcher durch einen Stützdraht gehalten wird und an Stelle des luftleeren Raumes ist das Gefäss mit Wasserstoff von bestimmtem, geringem Druck gefüllt. Eisen eignet sich als Widerstand für diesen Zweck am besten, weil es ein Metall mit hohem Temperaturkoëfficienten ist, und weil es innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, etwa im Zustand der Dunkelrothgluth, die Eigenschaft besitzt, dass schon bei sehr geringem Stromzuwachs die Potenzialdifferenz an den Enden ausserordentlich stark ansteigt. Aus diesem Grunde wirkt ein solcher Widerstand aus Eisen innerhalb dieser bestimmten Temperaturgrenzen wie ein Apparat, welcher die Stromstärke selbstthätig konstant hält. Der Eisendraht befindet sich nun in einem indifferenten Gas, da er in Luft oxydiren und nach einiger Zeit seine Leitungsverhältnisse derart ändern würde, dass er nicht mehr für die Stromstärke regulirt, für welche er eigentlich bestimmt ist. Am zweckmässigsten verwendet man Wasserstoffgas, und hat man durch die Bemessung des Gasdruckes es in der Hand, den Widerstand auf eine bestimmte Stromstärke genau einzustellen. Die von dem Eisendraht entwickelte Wärme wird mehr oder weniger stark abgeleitet, je nachdem der Gasdruck grösser oder geringer ist. Da Wasserstoff das höchste Wärmeleitungsvermögen besitzt, so eignet er sich am meisten zu dieser Regulirung.

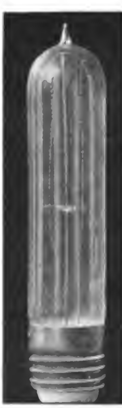


Fig. 59
Eisendrahtwiderstand für konstanten Strom.

Die Wirksamkeit dieser Widerstände wird durch folgenden Versuch illustrirt: 10 Lampen von 48 Volt 13 HK, jede mit einem Widerstande, erforderten bei einer Netzspannung von 86 Volt 8,7 Amp. Die Spannung an den Lampen betrug 48 Volt. Wurde die Netzspannung auf 73 Volt erniedrigt, so sank die Stromstärke auf 8,46 Amp., die Spannung an den Lampen auf 47 Volt.

Mit Aenderung der Spannung änderte sich die Stromstärke wie folgt:

| Netzspannung | Stromstärke |
|---|---|
| 86 Volt | 8,7 Amp. |
| 84,9 » | 8,6 » |
| 83,5 » | 8,58 » |
| 82 » | 8,5 » |
| 76 » | 8,46 » |
| 72,5 » | 8,46 » |
| 70 » | 8,4 » |
| 65,6 » | 8,4 » |
| 63,6 » | 8,4 » |
| 61,6 » | 8,3 » |
| 60 » | 8,2 » |
| 58 » | 8,1 » |
| 56 » | 8 » |

Die Widerstände sind durch Patent Nr. 117 227 Klasse 21 c geschützt.

Bei Verwendung derselben ist die Benutzung von Bleisicherungen überflüssig. Diese Eisendrahtwiderstände erfüllen den Zweck der letzteren in viel besserem Maasse. Während eine Bleisicherung momentan einen wesentlich höheren Strom durchlässt als für welchen sie bemessen ist, ist dies bei einem derartigen Widerstand kaum der Fall. Zudem ist der Preis kein höherer als der einer Lampenbleisicherung. Der Lampenwiderstand allein kostet nicht viel mehr wie eine Glühlampe.

Es ist zu erwarten, dass mit Fortfallen jeglicher Regulirung mit selbstthätigen Apparaten die Anwendung geschlossener Zugbeleuchtung in wesentlich grösserem Maasse Aufnahme findet. Nimmt man an, dass die Lokomotive den zum Betrieb der Dynamomaschine erforderlichen Dampf liefert, so wird die Dampf-Dynamomaschine, welche sich entweder auf der Lokomotive oder auf dem Tender befindet, gleichzeitig mit dem Ankuppeln der Lokomotive auf das Leitungnetz geschaltet, nachdem die Maschine auf die Ladespannung der Batterie gebracht ist. Es werden jetzt die Batterien, welche während des Abschaltens der Lokomotive die Lampen gespeist haben, wieder in Ladezustand gesetzt, und die Dynamomaschine übernimmt gleichzeitig die Speisung der Lampen. Irgend eine Regulirung ist nicht erforderlich, und die in Fig. 60 dargestellte Schaltung ist die denkbar einfachste.

Es hat die Verwendung derartiger Widerstände jedoch nicht bloss Werth für geschlossene Zugbeleuchtung, auch für Systeme der Einzelwagenbeleuchtung bedeutet sie eine wesentliche Vereinfachung. Es ist zunächst nicht mehr erforderlich, dass die Dynamomaschine eine

absolut konstante Spannung hält. Dieselbe kann innerhalb ziemlicher Grenzen schwanken und ist deshalb die Konstruktion einer Maschine mit Gegenkompoundirung wie System Lewis und Vicarino wohl ohne Zweifel alsdann die zweckmässigste. Weiter ist an selbstthätigen Apparaten nur noch der Aus- und Einschalter erforderlich, welcher bei einer bestimmten Tourenzahl einschaltet, sowie der Polwender, für den Fall, dass der Zug in entgegengesetzter Richtung fährt. Letzterer Apparat besteht am einfachsten und zweckmässigsten wohl in einem Mitnehmer, welcher die Bürsten bei Aenderung der Fahrtrichtung in die richtige Lage bringt. Es dürften demnach diese Vorschaltwiderstände berufen sein, bei der elektrischen Zugbeleuchtung eine bedeutende Rolle zu spielen und die Einführung derselben wesentlich erleichtern.

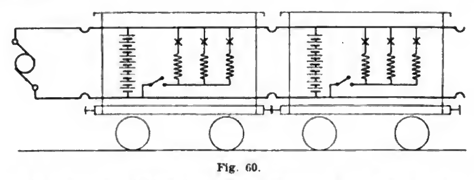


Fig. 60.
Schaltung für geschlossene Zugbeleuchtung bei Verwendung von Eisendrahtwiderständen für konstanten Strom.

Mit einer derartig einfachen Anordnung unter Beibehaltung der Batterien für jeden Wagen erscheint die letztere auch auf Bahnnetzen wie unser deutsches durchaus einwandfrei durchführbar. —

Die meisten der bestehenden Anlagen mit reinem Akkumulatorenbetrieb verwenden Glühlampen von 2,5 Watt Energieverbrauch für die Hefnerkerze Leuchtkraft. Die Deutsche Reichspost benutzt solche von 2 Watt, und auf der französischen Nordbahn und der italienischen Mittelmeerbahn sind neuerdings solche von 1,5 Watt eingeführt.

Es ist zweifellos, dass für Batteriebeleuchtung, bei welcher nur über eine begrenzte Menge von Energie verfügt wird, die Frage nach dem Verbrauch der Glühlampen eine bedeutende Rolle spielt, während für Anlagen mit Maschinenbetrieb dies nicht in solchem Maasse der Fall ist. Kann man an Stelle von 2,5 Watt Glühlampen brauchbare von 1,5 Watt erhalten, so hat dies den ganz bedeutenden Vortheil, dass man nur eine um 40% kleinere Batterie benöthigt. Das Gewicht der Batterie, der Raumbedarf derselben und vor allem die Anschaffungskosten und die Unterhaltungskosten sind um ca. 40% geringer; bei Beibehaltung der vorhandenen Batteriegrössen wird die Brenndauer

der Lampen mit einer Ladung um 40 % grösser. Es ist nicht zu leugnen, dass die Einführung derartiger Lampen einen ausserordentlichen Fortschritt ganz besonders für die elektrische Zugbeleuchtung bedeuten würde. Leider haben die jetzt hergestellten Glühlampen von geringerem Verbrauch als 2,25 bis 2,5 Watt zu geringe Haltbarkeit; ihre Leuchtkraft nimmt sehr rasch ab. Eine 2 Watt-Lampe hat eine Einbusse von ca. 25 % an Leuchtkraft innerhalb 100 bis 150 Stunden, eine 1,5 Watt-Lampe schon nach 50 Stunden.

Die meisten Verwaltungen bevorzugen deshalb Glühlampen von 2,25 bis 2,6 Watt Verbrauch, deren Leuchtkraft während 250 bis 400 Brennstunden um ca. 25 % abnimmt. Der mittlere Verbrauch dieser Lampen beträgt demnach pro Hefnerkerze in Wirklichkeit 2,8 bis 3 Watt.

Die angegebene Leuchtkraft einer Glühlampe gilt nur für eine bestimmte Spannung. Erhöht man letztere, so nimmt die Leuchtkraft schnell zu, erniedrigt man sie, so nimmt die Leuchtkraft ab. Die Zunahme oder Abnahme erfolgt ungefähr derart, dass dieselbe der sechsten Potenz der Spannung proportional ist.

Bei reinem Batteriebetrieb sinkt nun die Spannung der Batterie allmählich mit fortschreitender Entladung, und zwar um so schneller, in je kürzerer Zeit die Batterie entladen wird, wie dies aus den Entladekurven Fig. 6 Seite 22 hervorgeht. Die Batterien sind jedoch für Zugbeleuchtung in den meisten Fällen so gross bemessen, dass die Entladung eine 15- bis 20stündige oder eine noch langsamere ist. Wie aus der für die 20stündige Entladedauer giltigen Kurve zu ersehen ist, beträgt der Spannungsabfall bis zur 16. Stunde nur $2\frac{1}{2}$ % und bis zur vollen Entladung 5 %. Nimmt man eine Batterie von 16 Elementen an, so ist die Spannung zu Beginn der Entladung bei einem spec. Gewicht der Säure von 1,19 32 Volt und sinkt nach 16 Stunden allmählich auf 31,2 Volt, nach 20 Stunden auf 30,4 Volt.

Die Leuchtkraft einer Glühlampe von 32 Volt hat alsdann nach 16 Stunden um ca. 14 %, nach 20 Stunden um ca. 26 % abgenommen. Da nun eine Entladedauer von 20 Stunden, also bis nahe zur Erschöpfung der Batterie nur ausnahmsweise stattfindet, dieselbe aber durchnittlich weniger wie 16 Stunden beträgt, so ist die Helligkeitsabnahme keinesfalls beträchtlich und eine Regulirung der Beleuchtung etwa durch vorgeschalteten Regulirwiderstand oder durch Zuschalten einer Zelle nach einer bestimmten Brenndauer nicht nöthig. Bei wesentlich schnellerer Entladung der Batterien wird man jedoch eine Regulirung vorsehen. Ganz konstante Leuchtkraft während der Entladung wird man aber erhalten können, wenn man Glühlampen von 28 bis 30 Volt verwendet und dann kleine Eisendrahtwiderstände von 2 bis 4 Volt der oben beschriebenen Konstruktion vor jede Lampe schaltet.

In neuester Zeit sind nun zwei neue Lampenarten an die Oeffentlichkeit getreten, welche sich durch einen geringen Kraftverbrauch auszeichnen: Die Nernst-Lampe, von Professor Nernst in Göttingen erfunden und von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft für den praktischen Gebrauch ausgebildet, und die Osmiumlampe von Dr. Auer von Welsbach in Wien. Erstere Lampe eignet sich bis jetzt nur für höhere Spannungen über 70 Volt und kommt daher für den Zweck der Wagenbeleuchtung nicht in Betracht. Die Osmiumlampe hingegen erfordert eine niedrige Spannung und scheint daher ganz besonders für diese Zwecke geeignet zu sein. Die Osmiumlampe ist eine Glühlampe, welche an Stelle des Kohlenfadens einen Faden aus Osmium enthält. Bisher war das Osmium nur als Pulver, kleinkrystallinisch, schwammförmig, oder nach Schmelzen im elektrischen Lichtbogen als sprödes Metall bekannt. Es ist nach langjährigen Versuchen gelungen, dasselbe in fadenförmigem Zustand zu erhalten. Der Kraftverbrauch dieser Lampe beträgt weniger als $1^1/_2$ Watt pro Hefnerkerze. Die Haltbarkeit wird zu 700 bis 1000 Brennstunden angegeben. Infolge der guten Leitfähigkeit des Osmiummetalls ist der Glühfaden für eine bestimmte Spannung allerdings ein ziemlich langer, und die Lampe eignet sich deshalb besonders für niedrige Spannung, wie sie ja gerade für Zugbeleuchtung bevorzugt wird. Die Kosten der Lampe sollen im Betrieb nicht viel höher wie die der jetzigen Glühampe sein unter der Voraussetzung, dass die abgenutzten Lampen wieder zurückgegeben werden. Die Deutsche Gasglühlicht-Aktiengesellschaft, welche die Fabrikation und den Vertrieb dieser Lampe für Deutschland übernommen hat, hofft im Herbst dieses Jahres mit der Fabrikation so weit zu sein, dass die Lampe auf dem Markt erscheint.

---

## VIII. Kapitel.

# Vorzüge und Nachtheile der verschiedenen Beleuchtungsarten.

Den Anforderungen, welche das Publikum an die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen stellt, kann nach dem heutigen Standpunkte der Technik allein die Beleuchtung mit Mischgas oder Elektricität genügen. Kerzen, Oel, Petroleum und reines Fettgas kommen gegenüber diesen beiden modernsten Systemen nicht in Betracht, zumal jene auch in Bezug auf Annehmlichkeit und Kosten keineswegs einen Vergleich mit letzteren aushalten können; sie werden immer mehr verschwinden und nur noch auf Bahnen untergeordneter Bedeutung sich halten oder, wie Kerzen und Oel, als Nothbeleuchtung Verwendung finden. Bei Vergleich der Gasbeleuchtung mit der elektrischen zeigt sich, dass in Bezug auf Einfachheit des Betriebes das Gas der Elektricität in den gegenwärtigen Ausführungen überlegen ist. Die Bedienung ist einfach und erstreckt sich auf Füllung der Behälter, der Reinigung der Lampenglocken und des Schornsteines, Prüfung der Brenner und Anzünden und Auslöschen der Lampen. Die Neufüllung der Behälter ist eine Arbeit, welche innerhalb weniger Minuten auszuführen ist.

Die elektrische Beleuchtung mit Maschinenbetrieb, bei welcher die elektrische Kraft im Zuge selbst erzeugt wird, erfordert natürlich wie jede maschinelle Anordnung stete Beaufsichtigung durch ausgebildetes Personal, das Gleiche gilt für die Akkumulatoren-Batterien, welche für dauerndes, befriedigendes Funktioniren zuverlässiger Wartung bedürfen. Wenn auch diese Wartung nur eine ganz einfache ist und keinerlei schwierige Anforderungen an das Personal stellt, so hängt doch von ihrer zuverlässigen Ausführung der Erfolg des Systems im wesentlichen ab. Bei guter Wartung wird jedes technisch ausgebildete, elektrische System auch die an dasselbe gestellten Anforderungen erfüllen und die Verwaltung, welche sich desselben bedient, durchaus befriedigen.

Während nun für die Beaufsichtigung der Beleuchtungseinrichtung bei dem elektrischen System grössere Anforderungen gestellt werden müssen, als bei der Gasbeleuchtung, ist die Bedienung während der Fahrt selbst wesentlich einfacher beim ersteren. Sie besteht lediglich im Ein- und Ausschalten der Beleuchtung und eventuellen Ersatz einer Glühlampe. Die Arbeit des Ein- und Ausschaltens der Beleuchtung erfolgt für sämmtliche Lampen eines Wagens, eventuell des ganzen Zuges, durch einen Handgriff am Ausschalter. Anders beim Gas, bei welchem jede Flamme einzeln entweder im Innern des Wagens selbst unter Belästigung der Mitreisenden oder vom Wagendache aus angezündet werden mufs.

Bei Maschinen-Systemen kommt allerdings noch die geringfügige Arbeit des Regulirens der Beleuchtung hinzu.

Für die Gasbeleuchtung ist die Erbauung eigener Gasanstalten erforderlich. Die Darstellung des Fettgases in den Retorten erfordert eine sorgfältige Ueberwachung, und hängt hiervon das mehr oder weniger gute Leuchten der Flamme wesentlich ab; ausserdem ist das verwandte Rohmaterial natürlich von Einfluss auf die Güte des Gases. Für die Bahnverwaltungen ergibt sich durch die Verwendung von Fettgas noch der Uebelstand, dass die Umgebung der Fettgasanstalt entwerthet wird.

Die elektrische Beleuchtung ist in Bezug auf Reinlichkeit, Eleganz und Schönheit des Lichtes vorzuziehen. Der Nachtheil der Gasbrenner, sich durch Eintreten von Staub und Russ allmählich zu verstopfen und flackerndes, schlecht leuchtendes Licht zu erzeugen, ein Nachtheil, welcher durch die Anwendung des Acetylens sich wesentlich erhöht, ist naturgemäss vollständig ausgeschlossen. Ebenso ist ausgeschlossen, dass Russ und Staub sich in der Glasglocke während der Fahrt ansammeln und die Helligkeit des Lichtes mehr oder weniger schwächen, weil nicht die Nothwendigkeit besteht, irgend welche Verbrennungsprodukte nach aussen zu führen. Ebenso ist die Entwicklung von Wärme oder das Auftreten üblen Geruches, den man häufig in den mit Gas beleuchteten Wagen antrifft, ausgeschlossen. Die Darstellung des elektrischen Stromes und die Ladung der Akkumulatoren ist eine weit reinlichere und einfachere Arbeit als die Darstellung des Fettgases. Die Beleuchtung wird erst bei wirklichem Bedarf eingeschaltet, während die Gasflammen oft lange vor Einbruch der Dunkelheit angezündet werden müssen. Die Zahl der Lampenbrennstunden wird dadurch nicht unwesentlich vermindert.

So hat z. B. die Dortmund-Gronau-Enscheder Eisenbahn vor Uebergang zur elektrischen Beleuchtung jährlich 56400 Brennstunden = rund 2 Stunden mittlere Brenndauer pro Tag und Flamme gehabt.

Mit Einführung derselben ist eine Ersparniss von 50 % an Brennstunden pro Jahr eingetreten, wovon der grösste Theil natürlich auf den Sommer gefallen ist, während im Winter nur 34 % erspart worden sind. Es ist diese Ersparniss auch zum Theil dadurch erzielt worden, dass die Beleuchtung von nichtbesetzten Abtheilen abgestellt wird, ein Verfahren, welches bei Lokalzügen leicht durchgeführt werden kann.

Auch bei Beleuchtung der dänischen Züge hat nach Bruun bei Einführung des elektrischen Lichtes eine Ersparniss an Brennstunden stattgefunden.

Wenn auch das Auslöschen einzelner Abtheile in vielen Betrieben nicht angängig sein wird, so tritt doch eine wesentliche Ersparniss gegen Gasbeleuchtung ein, wenn der Zug während der Nacht fährt, da der Reisende das elektrische Licht in den Abtheilen auslöschen wird, während bei Gasbeleuchtung das Abtheil nur durch Vorziehen eines blauen Vorhanges verdunkelt werden kann.

Ein weiterer Vorzug ist die Möglichkeit einer guten Lichtvertheilung. Nur durch richtige Lichtvertheilung kann man überhaupt eine allen Anforderungen entsprechende Beleuchtung erreichen. Die Glühlampe kann je nach Wunsch sowohl an der Decke, als auch an den Seitenwänden angeordnet werden, und der Verwendung von transportablen Tischlampen, die man vom Personal des Zuges behufs Lesen und Schreiben sich bringen lassen kann, steht nichts im Wege. Gerade der Vorzug der Lichtvertheilung hat wesentlich mit zur Einführung des elektrischen Lichtes bei den Bahnpostwagen der Reichspost beigetragen.

Man kann somit die elektrische Beleuchtung als die angenehmste, zweckmässigste und komfortabelste Beleuchtungsart für die Wagen bezeichnen.

Die Wagen europäischer Fürsten haben daher elektrische Beleuchtung erhalten, auch der Hofzug des Deutschen Kaisers, welcher bereits mit einer reichen Gasbeleuchtung versehen ist, hat neben derselben elektrische Beleuchtung erhalten müssen.

Die elektrische Beleuchtung entspricht durchaus dem Geschmacke des reisenden Publikums, und die Forderung auf Einführung dieser Beleuchtungsart wird wohl nicht eher aufhören, als bis derselben Genüge geleistet ist. —

Die elektrischen Kraftquellen im Zuge können auch für andere Zwecke vortheilhaft Verwendung finden; so z. B. zur elektrischen Auslösung der Bremsen nach dem Vorschlage von Siemens & Halske A.-G.[1]), ferner für Nothsignale zum Lokomotivführer, für Ventilation etc.

---

[1]) Verhandlungen des Vereines für Eisenbahnkunde 1900 S. 155 ff.

Ausserdem können die Batterien auch für andere Zwecke Verwendung finden, wie zum Betriebe von Draisinen, für transportable Beleuchtung bei Brückenreparaturen. —

Bezüglich des Gewichtes der elektrischen Einrichtung im Verhältniss zu der Einrichtung der Gasbeleuchtung ist zu bemerken, dass gegenwärtig irgend ein nennenswerther Unterschied mit dem Gewicht der Mischgasbeleuchtung nicht besteht, während dasselbe natürlich wesentlich leichter ist als das der Fettgaseinrichtung.[1]) Es kann dies nicht genug betont werden, da speciell hierin bei den Eisenbahntechnikern ein grosses Vorurtheil gegen die elektrische Beleuchtung herrscht. Es wird vielfach behauptet, dass die schweren Batterien die Wagen viel zu sehr belasten.

Bei Mischgas ergibt sich Folgendes: Zur Speisung von 5 Flammen à 15 HK sind 2 Behälter von je 470 mm licht. Durchmesser 1850 mm Länge und 310 l Inhalt erforderlich. Bei 6 Atm. Ueberdruck und 27,5 l Gasverbrauch pro Flamme berechnet sich eine Brenndauer von rund 27 Stunden. Das Gewicht der Einrichtung beträgt 450—480 kg.

5 Glühlampen von 16 HK mit 2,5 Watt Kraftverbrauch bedingen bei 27stündiger Brenndauer eine Batterie von 16 Elementen Type V A 55 der Accumulatorenfabrik A.-G. Hagen i/W. mit 187 Ampèrestunden. Sind je 4 Elemente in einen gemeinsamen Holzkasten eingebaut, so beträgt das Gewicht dieser Batterie nebst Batteriebehälter und allem Zubehör ca. 430 kg.

Ein ebenso günstiges Resultat erhält man beim Vergleich mit den Batterien der Reichspost, der Jura-Simplon-Bahn, der Französischen Nordbahn etc.

Ein D-Wagen ist beleuchtet mit 255 nominellen Hefnerkerzen, entsprechend einem Gasverbrauch von 467,5 l pro Stunde. Die Gasbehälter fassen 2100 l, also sind bei 6 Atm. Ueberdruck 12600 l benutzbar. Der Wagen kann also mit einer Füllung rund 27 Stunden beleuchtet werden. Das Gewicht der kompleten Gaseinrichtung ist 1200 kg.

Dieselbe Leistung erfordert bei elektrischer Beleuchtung eine Einrichtung von gleichem Gesammtgewicht bei Verwendung von zwei Batterien zu 16 Elementen VII A 55 mit einer Leistung von 264 Ampèrestunden.

Bei Anwendung des Maschinenbetriebes stellt sich das Gewicht theilweise etwas höher. So z. B. ist nach Angabe der Werkstätte Potsdam das Gewicht der Beleuchtungseinrichtung nach System Stone

---

[1]) s. Dr. Büttner, Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnpersonenwagen, Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1896 S. 94.

1450 kg, das Mehrgewicht beträgt also 250 kg. Jedoch reicht alsdann die Beleuchtung erforderlichen Falles viel länger als bei der Gasbeleuchtung. —

Von grösster Wichtigkeit für den Eisenbahnbetrieb ist jedoch die Frage nach der Sicherheit, welche ein Beleuchtungssystem gegen Feuersgefahr oder Explosion bietet.

Es ist ja natürlich, dass jede Beleuchtungsart eine gewisse Feuergefährlichkeit in sich birgt, und muss durch zweckmässige Anordnung Sorge getragen werden, dass dieselbe auf das geringste Maass beschränkt wird.

Neben der Kerzenbeleuchtung ist wohl zweifellos die elektrische Beleuchtung in Bezug auf Feuersicherheit allen anderen überlegen, und diese Eigenschaft ist für viele Verwaltungen der entscheidende Grund gewesen, dieselbe einzuführen.

Die Gefahren der Gasbeleuchtung sind in letzter Zeit in Folge des Eisenbahnunfalles in Offenbach am 8. November 1900 Gegenstand der öffentlichen Diskussion geworden.

Ein Personenzug ist mit voller Geschwindigkeit in den Schluss eines auf freier Strecke stehenden D-Zuges gefahren; die Lokomotive durchbrach die Rückwand des letzten Wagens und fuhr bis zum Führerhaus in diesen hinein. Hierbei wurden vier Abtheile zum Theil ganz zertrümmert, zum Theil zusammengeschoben, während die andern beiden Abtheile des Wagens unversehrt geblieben sind. Bei dem Zusammenstoss erhielt einer der Gasbehälter an der einen Stirnseite ein kleines Loch. Der Wagen selbst stand in kurzer Zeit in vollem Brande, und das Feuer ergriff schnell auch den nächsten Wagen. Seitens der öffentlichen Meinung wurde, auf Grund der Angaben von Augenzeugen, der Gasbeleuchtung die Schuld an dem Brande, bei welchem mehrere Personen um's Leben gekommen sind, beigemessen; unterstützt wurde diese Auffassung durch eine offiziöse Darstellung des Vorfalles, in welcher Folgendes bemerkt ist:

»Zunächst trifft die Behauptung nicht zu, dass der Gasbehälter an dem Unglückswagen explodirt sei, vielmehr ist in einen Behälter durch die Lokomotive des Personenzuges ein Loch gestossen worden, durch welches das unter 6 Atm. Druck gehaltene Gas alsbald mit Gewalt ausströmte, sich an der Lokomotive entzündete und in wenigen Minuten den betr. Wagen gänzlich ausbrannte.«

Die Forderung auf Einführung der elektrischen Beleuchtung wurde deshalb in den verschiedensten Tagesblättern erhoben.

Der Elektrotechnische Verein in Berlin veranstaltete in seiner Sitzung vom 27. November 1900 eine Diskussion »über die Einführung elektrischer Beleuchtung der Eisenbahnwagen«, zu welcher der Ver-

fasser das Referat übernommen hatte. In dieser Sitzung wies nun Herr Eisenbahndirektor Garbe die gegen die Feuergefährlichkeit der Gasbeleuchtung gerichteten Angriffe entschieden zurück und betonte, dass nach den behördlichen Ermittelungen der Brand in erster Linie durch die Heizgase der in den Wagen gefahrenen Lokomotive entstanden ist, welche die zertrümmerten Wagentheile, die Holzsplitter und insbesondere das Fasermaterial, welches zur Schalldämpfung, sowohl in den doppelten Seitenwänden des Wagens, wie unterhalb zwischen dem doppelten Fussboden, eingebracht ist, in Brand setzten. Er führte aus, dass das Gas nur in sehr geringem Maasse zu dem Brande beigetragen haben konnte, da der Gasvorrath im vorletzten Behälter, welcher unter einem Druck von ca. 5 Atm. stand, in wenigen Sekunden ausgeströmt und verbrannt sein musste; es könnte zwar sein, dass von dem Verbindungsrohr des anderen Gasbehälters, welcher gleichfalls von seiner Lage verdrängt worden war, Gas so langsam ausströmte, dass eine Zündung eingetreten ist, indess hätte eine solche stark russende Flamme des aus dem Rohre austretenden Gases kaum den von der Lokomotive angerichteten Brand vermehren können.

Die gleiche Darstellung ist später sowohl im Reichstage, als auch im preussischen Landtage seitens des Ministeriums gegeben worden. In der von der Regierung herausgegebenen Berliner Korrespondenz vom 11. December 1900 wird gesagt:

> »Die Gasbehälter waren bis auf das eingestossene Loch und die abgerissenen Rohre unversehrt, es hat also keine Explosion der Gasbehälter stattgefunden, dagegen hat sich wahrscheinlich ein Theil des ausgeströmten Gases im Innern des Wagens mit den Rauchgasen und atmosphärischer Luft gemischt und sich dann am entstandenen Feuerherd plötzlich entzündet. Diese Flamme hat sicherlich zur schnelleren Verbreitung des Feuers beigetragen; aber es ist nach der ganzen Sachlage unzweifelhaft, dass auch ohne Gas der Brand hätte entstehen müssen.«

Im Jahre 1887 hat ein ähnliches Eisenbahnunglück in Wannsee bei Berlin und im Jahre 1893 in Limito bei Mailand stattgefunden, wobei gleichfalls eine Anzahl Personen ihren Tod in den Flammen gefunden hat. Ueber das erstere Unglück hat eine Diskussion im Verein für Eisenbahnkunde am 10. Januar 1888 stattgefunden, in welcher Herr Regierungsbaumeister Leissner den Vorgang bei dem Unfall darstellte und bemerkte, »dass der Gasbehälter der Tendermaschine, welcher in der Fahrtrichtung ganz vorn unter dem Kopfstück derselben befestigt war, bei dem Zusammenstoss abgerissen und in der Weise beschädigt worden war, dass zwei kleine,

etwa einen Finger dicke Löcher in das Seitenblech hineingeschlagen wurden, ausserdem zwei je 10 mm weite Röhrchen an dem Kopfende abgerissen waren. Das ausströmende Gas zertheilte sich in der Luft und musste in kurzer Zeit eine mit Luft vermischte Gasatmosphäre in grösserem Umkreise um den Behälter herum bilden. Die Bedingungen der Entzündbarkeit waren sonach vorhanden. Durch diese Umstände erklärt sich auch die von Augenzeugen bekundete mächtige und plötzliche Feuererscheinung. Da der Fussboden des Wagens durch die Beschädigungen Oeffnungen erhalten hatte, so konnte die Flamme auch unmittelbar in das Innere des Wagens hineinschlagen. Das in dem Behälter enthaltene Gas hatte einen Druck von $4^1/_2$ Atm., welcher einem Inhalt von etwa 1 cbm freien Gases entspricht. Die Verbrennung desselben muss fast augenblicklich erfolgt sein. Dass sie trotzdem genügt hat, um den Wagen in helle Flammen zu setzen, weist auf die Mitwirkung besonderer, nicht aufklärbarer, unglücklicher Umstände hin. Zum Theil mögen die umhergestreuten glühenden Kohlen der Lokomotive und die am Tage des Unfalles herrschende Hitze zur Entfesselung des Brandes beigetragen haben. Möglicherweise haben sich an den von der Gasflamme berührten Theilen des Wagens, etwa im Wageninnern, leicht entzündbare Stoffe befunden. Da das Feuer an dem Polster- und ölgetränkten, stark ausgetrockneten Holzwerk reichliche Nahrung fand, so musste der Brand, einmal entstanden, natürlich sehr rasch um sich greifen. Dass die Entzündung des Gases an dem Feuer der umgestürzten Lokomotive erfolgt ist, kann keinem Zweifel unterliegen.«

Er bemerkte ferner:

»Die vorstehend entwickelten Umstände dürften jedoch eine Anregung bieten, den auf die Einführung der elektrischen Beleuchtung bei Eisenbahnzügen gerichteten Bestrebungen eine erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Leider haben die nach dieser Richtung bisher angestellten Versuche zu befriedigenden Ergebnissen nicht geführt.... Unter diesen Umständen dürfte es eine dankenswerthe Aufgabe sein, auf Mittel zu sinnen, um die der gegenwärtigen Gasbeleuchtung anhaftenden Mängel hinsichtlich der Feuergefährlichkeit noch nach Möglichkeit zu vermindern.«

Hierzu bemerkte Herr Fabrikbesitzer Pintsch:

»Auf die Entzündbarkeit des Fettgases bei Unfällen eingehend, möchte ich die Herren auf den s. Z. stattgehabten Versuch aufmerksam machen, dem viele von Ihnen beigewohnt haben. Es wurde eine Fettgasflamme mit vollem Gasbehälterdruck aus einem 6,5 mm-Rohr direkt gegen ein Brett aus Kiefernholz etwa 3 Minuten lang gehalten; nach Entfernung dieser grossen Flamme war auch die Flamme

am Brett verschwunden und es zeigte sich nur eine Verkohlung der Oberfläche etwa $2^1/_2$—3 mm tief; ein Weiterbrennen fand nicht statt.... Ich will nun keineswegs behaupten, dass das Gas nicht gebrannt hat, dagegen darf ich wohl annehmen, dass dasselbe nicht die Veranlassung zur Katastrophe gewesen ist.... Der betreffende Wagen hatte doppelten Fussboden; letzterer wurde zertrümmert und der seit Jahren zwischen den Holzböden abgelagerte feine Staub kam nun mit den glühenden Kohlen der Feuerbüchse der Lokomotive und mit dem durch diese Kohlen entzündeten Gas in Berührung und dadurch entstand die grosse Feuerlohe. Hätte die Lokomotive kein Gas gehabt, so wäre trotzdem wohl die Entzündung durch die glühenden Kohlen erfolgt.

Ich will nun hieran anknüpfend bemerken, dass seit 1870 bis jetzt (1888) etwa 26000 Eisenbahnfahrzeuge mit Gasbeleuchtung eingerichtet worden sind und dass dieselben etwa 60000 Recipienten tragen.

Wollte ich die Unfälle, die während dieses 17 jährigen Zeitraumes sich ereignet haben, zusammenfassen, so würde sich doch nur ein kaum auszudrückender Procentsatz ergeben. Unter diesen Unfällen sind nur etwa drei oder vier, bei denen das Gas thatsächlich sich entzündet hat; mehr sind in dieser langen Zeit nicht zu meiner Kenntniss gelangt. Ich darf mich daher wohl mit Recht auf den Standpunkt stellen, dass die Gasbeleuchtung die grösste Sicherheit im Eisenbahnbetriebe bietet; die Petroleumbeleuchtung der Wagen ist, wie Ihnen allen, m. H., bekannt ist, weitaus gefährlicher, denn das bei Unfällen ausfliessende Petroleum imprägnirt Holz und Polster und gibt der Entzündung und dem Feuer die beste Nahrung.«

In der bereits erwähnten Darstellung in der Berliner Korrespondenz wird auch auf das Unglück zu Wannsee Bezug genommen und gesagt:

»Dass die Gasbeleuchtung den Brand des Wagens bei Offenbach nicht unmittelbar verursacht, sondern nur verstärkt hat, ist bereits erwähnt; auch bei dem Eisenbahnunglück in Wannsee im Jahre 1887 kann der Brand eines Wagens nicht allein dem Gas zur Last gelegt werden. Sonst sind nur noch wenige Fälle bekannt geworden, wo die Entstehung von Feuer bei Eisenbahnunfällen mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit auf die Gasbeleuchtung geschoben worden ist. Wenn man bedenkt, dass jetzt in allen Erdtheilen zusammen etwa 105000 Wagen für Gasbeleuchtung eingerichtet sind, dass diese in Deutschland schon vor 30 Jahren eingeführt wurde, so wird nicht wohl behauptet werden können, dass bei der geringen Anzahl von Vorkommnissen die Gasbeleuchtung feuergefährlicher als irgend eine

andere Beleuchtungsart sei, selbst wenn wirklich in einigen Fällen sie die Veranlassung zu den Bränden gegeben haben sollte. Wenn daher jetzt immer wieder auf die Gefährlichkeit der Gasbeleuchtung hingewiesen wird, so ist dies unrichtig und mit den Thatsachen in Widerspruch.«

Wenn auch die Ansichten darüber getheilt sind, ob das Gas mehr oder weniger zur Erhöhung der verderblichen Wirkung eines Eisenbahnunglücks beigetragen hat, und ob auch wirklich bei einem solchen mehr Personen sich hätten retten können, wenn keine Gaseinrichtung vorhanden gewesen wäre, so ist doch sicher, dass bei der ausserordentlichen geringen Zahl derartiger Vorkommnisse die Gasbeleuchtung eine verhältnissmässig feuersichere Beleuchtung zu nennen ist, und man der Eisenbahnbehörde selbst dann keinen Vorwurf daraus machen kann, diese Beleuchtung weiter eingeführt zu haben, wenn es klar erwiesen wäre, dass bei dem Eisenbahnunglück in Wannsee das Gas die Hauptschuld an den grässlichen Folgen desselben getragen hätte, da die durch die Einführung des Fettgases bewirkte bessere Beleuchtung der Wagen einem dringenden öffentlichen Bedürfniss entsprach, und die elektrische Beleuchtung zu jener Zeit noch viel zu wenig ausgebildet war, als dass diese als Ersatz in Frage kommen konnte.

Das elektrische System bietet nun in seiner jetzigen Ausbildung, wie schon oben bemerkt, neben der Kerzenbeleuchtung zweifellos die grösste Sicherheit gegen Feuersgefahr bei Eisenbahnunfällen, sachgemässe Anlage vorausgesetzt.

Gelegentlich der Diskussion im Elektrotechnischen Verein wurde nun dieser Vorzug des elektrischen Systems von Seiten des Herrn Gerdes, Oberingenieurs von Julius Pintsch, entschieden bestritten, unter Hinweis auf die vielen Brände in grossen elektrischen Beleuchtungsanlagen. Aehnliche Ansichten sind auch in Tagesblättern ausgesprochen worden; in dem ministeriellen Bericht in der Berliner Korrespondenz heisst es:

»Es wird auf die elektrische Beleuchtung als Ersatz hingewiesen, die jetzt bereits genügend erprobt und durchaus feuersicher sei. Dass elektrische Einrichtungen an sich feuersicherer sind als Gaseinrichtungen, wird doch wohl nicht behauptet werden können, wenn man beachtet, dass selbst noch in den letzten Jahren vielleicht mehr Gebäude infolge von Mängeln der elektrischen Beleuchtungseinrichtungen abgebrannt sind, als durch Mängel an den Gaseinrichtungen (vergl. den Aufsatz in Schilling's Journal für Gasbeleuchtung, Jahrg. 1900 Heft 19). Dass nun eine elektrische Beleuchtungseinrichtung am Wagen feuersicherer sein soll, als eine solche in einem Gebäude, ist von vorn-

herein ebenfalls nicht anzunehmen, weil alle Einrichtungen am Wagen viel schwieriger anzubringen sind, und weil der Wagen auf der Fahrt fortwährenden Bewegungen und Stössen ausgesetzt ist. Bekanntlich ist bereits eine Anzahl von Strassenbahnwagen wegen Kurzschlusses, wie aus sonstigen auf die elektrische Einrichtung zurückzuführenden Mängeln, abgebrannt. Aber hieraus soll, da hierbei elektrischer Strom von höherer Spannung verwendet wurde, kein ungünstiger Schluss gezogen werden. Jedenfalls müsste doch aber erst durch längere Erfahrung der Beweis erbracht werden, dass die elektrische Zugbeleuchtung feuersicher ist, ehe man davon mit solcher Bestimmtheit sprechen kann, wie dies jetzt geschieht.«

Abgesehen davon, dass die bei Zugbeleuchtungsanlagen in Betracht kommende Spannung eine viel niedrigere als die bei stationären Anlagen oder bei Strassenbahnanlagen ist, so ist auch die Leitungsanordnung bei der geringen Zahl elektrischer Glühlampen, welche zudem in einem oder zwei, dann vollständig von einander getrennten, Stromkreisen liegen, allereinfachster Art. Die elektrischen Anlagen, welche durch Kurzschluss zu Bränden Veranlassung geben, sind solche, deren Leitungsnetz ein sehr komplicirtes ist, bei denen die Leitungen vieler Stromkreise dicht neben einander liegen, und die bei ungenügender Beaufsichtigung leicht durch irgendwelche Ursachen Isolirfehler erhalten, welche zu Kurzschlüssen Anlass geben.

Aus welchem Grunde nun ein so einfaches Leitungsnetz im Wagen schwieriger anzubringen sein soll, als ein sehr komplicirtes in einem Gebäude, ist nicht recht einzusehen. Im Gegentheil, die vorliegenden einfachen Verhältnisse gestatten ohne weiteres, den positiven und den negativen Draht stets so weit von einander entfernt zu führen, dass ein Kurzschluss selbst bei Zusammenstössen ausgeschlossen ist. Ausserdem können die Leitungen ausserhalb des Wagens in Gasrohr, innerhalb in Bergmannrohr, verlegt werden. Die Mehrkosten einer derartigen Anordnung kommen bei der geringen Länge der Leitung nicht in Betracht.

Am verfehltesten ist jedoch in dem ministeriellen Bericht der Hinweis auf die Brände in den Strassenbahnwagen: Wer das verwickelte Leitungsnetz eines derartigen Wagens betrachtet, wird erkennen, wie ausserordentlich schwierig die Anordnung einer so grossen Zahl von Leitungen auf einem verhältnissmässig stark beschränkten Raum sein muss; hierzu kommt, dass die Betriebsspannung meist 5—600 Volt beträgt, eine Spannung, für welche die Isolirung der Leitungen eine besonders gute sein muss. Besonders die Fahrschalter, in welche alle Leitungen zusammenlaufen, und welche die einzelnen Leitungen in das Stromnetz einschalten, sind Kurzschlüssen am meisten

ausgesetzt und erfordern eine in jeder Beziehung sorgfältige Konstruktion und Beaufsichtigung. Die meisten jener Brände entstehen durch die Fahrschalter, wenigstens gilt dies von den Wagen der Berliner Strassenbahn.[1]) Es wird also zuzugeben sein, dass irgend welche Gefahr bei der elektrischen Beleuchtung nicht vorliegt, und sind auch die Verwaltungen, welche letztere seit vielen Jahren eingeführt haben, wie Jura-Simplonbahn, die k. Ungarische, die k. Dänische Staatsbahn, die Reichspostverwaltung hiervon überzeugt. Gerade die Unfälle von Wannsee und Limito haben wesentlich dazu beigetragen, dass im Auslande Versuche mit elektrischer Beleuchtung angestellt worden sind, welche auch vielfach zur Annahme des Systems geführt haben. Leider haben die deutschen Staatsbahnverwaltungen der deutschen Elektrotechnik wenig Gelegenheit gegeben, die Ausbildung der elektrischen Zugbeleuchtung zu fördern und zu vervollkommnen und war dieselbe in dieser Beziehung auf das Ausland angewiesen.

Es ist dies um so bedauerlicher, als durch eine entschiedene öffentliche Stellungnahme gegen die elektrische Beleuchtung deren Ausbreitung auch im Auslande zu Gunsten der Gasbeleuchtung sehr gehemmt worden ist. In dem Berichte der Berliner Korrespondenz heisst es:

»Nach alledem sind die der Preussischen Eisenbahnverwaltung gemachten Vorwürfe, dass sie nicht schon längst die elektrische Zugbeleuchtung eingeführt, und dass sie mittelbar selbst das Offenbacher Unglück verschuldet habe, ebenso hinfällig, wie die Forderung, dass sie jetzt schleunigst dazu übergehen müsse, wenn sie sich nicht einer argen Vernachlässigung ihrer Pflichten gegen das Publikum schuldig machen wolle. Solche Vorwürfe und Forderungen sind nur geeignet, im Publikum Beunruhigung und unrichtige Ansichten zu verbreiten. Gleichwohl muss gehofft werden, dass es der Elektrotechnik, die inzwischen die im Eisenbahnbetrieb bestehenden Schwierigkeiten besser kennen und würdigen gelernt hat, gelingen wird, diese mehr und mehr zu überwinden, dann wird ihr auch der Erfolg von selbst zufallen.«

Die erwähnten Vorwürfe sind allerdings nicht berechtigt, wohl aber konnte erwartet werden, dass die Verwaltung, bevor sie einen so ablehnenden Standpunkt einnahm, eingehende und ausgedehnte

[1]) Der Schalter ist bei den Berliner Strassenbahnen vorn am Perron in einem Holzverschlag eingebaut. In diesem vermuthen die meisten Leute die Akkumulatoren und deshalb steht in den Berichten über solche Wagenbrände fast immer, dass der Akkumulator gebrannt habe, gleich ob der Wagen Akkumulatoren enthält oder nicht. Auch bei dem Brande des Motorwagens der Wannseebahn soll nach Mittheilung grosser Berliner Tagesblätter der Akkumulator die Schuld haben, obgleich der Wagen gar keinen besitzt.

Versuche mit dem System anstellte. Hätte diese Verwaltung nicht selbst und in so entschiedener Weise Partei für die Gasbeleuchtung und gegen das elektrische Licht ergriffen, ohne letzteres eingehend erprobt zu haben, so würde auch der Wunsch der Elektrotechniker in der Sitzung vom 27. November 1900, dass diese Verwaltung eingehende Versuche machen möge, nicht zum Ausdruck gekommen sein.

Wenn die hervorragenden Techniker der deutschen Staatsbahnverwaltungen, deren Urtheilen auch im Auslande ein hoher Werth beigemessen wird, sich principiell ablehnend gegen das System verhalten, so ist es natürlich ausserordentlich schwierig für die ausländischen Verwaltungen, die Verantwortung für die Einführung eines solchen Systems zu übernehmen, zumal nicht unbeträchtliche Kapitalien hierbei aufgewandt werden müssen. Es ist aber auch erklärlich, dass unter diesen Umständen hervorragende deutsche Professoren der Elektrotechnik die Ansicht vertreten haben, die elektrische Beleuchtung habe nur dann Aussicht, eingeführt zu werden, wenn die Züge elektrisch betrieben werden.

Wenn nun trotzdem die elektrische Beleuchtung immer mehr Eingang findet, so ist dies sicher ein Zeichen, dass das System brauchbar ist und gute Resultate erzielt. Bei entsprechender Wahl der Anordnung wird dasselbe allen, auch den verwickeltsten Betriebsverhältnissen sich anpassen lassen und Verwaltung und Publikum gleichmässig befriedigen. Da nun im preussischen Landtage seitens des Ministeriums erklärt worden ist, dass auch Versuche mit elektrischer Beleuchtung stattfinden werden, so steht zu erwarten, dass diese Versuche befriedigen, und das elektrische System auch bei dieser Verwaltung Eingang finden wird.

## Anlage- und Betriebskosten.

Die Kosten der Kerzenbeleuchtung sind verhältnissmässig einfach zu ermitteln. Die Anlagekosten für die Lampen sind gering und bei den verschiedenen Verwaltungen nur von wenig bedeutendem Unterschiede.

Bei der Ostpreussischen Südbahn stellen sich die Kosten bei 85 installirten Wagen mit 283 Flammen auf 2,8 Pf. pro Flammenbrennstunde, davon entfallen auf:

| | | |
|---|---|---|
| Verzinsung und Amortisation der Kosten für die beschafften Laternen, sowie Kosten für Unterhaltung derselben | 0,33 | ₰ |
| Für Bedienung und Reinigung der Laternen | 0,553 | » |
| Für Beschaffung der Kerzen | 1,920 | » |
| | 2,803 | ₰ |

Für Oel- und Petroleum-Beleuchtung sind die Anlagekosten je nach der Ausführung des Lampenkörpers sehr verschieden, theilweise sehr hoch. Nach C. Banovits[1]) betragen die Kosten der Lampen z. B. bei der Badischen Staatsbahn ℳ 12.—, der Ungarischen Staatsbahn ℳ 15—, während die Lampen System Lafaurie & Potel ℳ 65.— bis ℳ 85.— kosten.

Bei der Halberstadt-Blankenburger Bahn haben sich im Jahre 1895 die Kosten bei 33 installirten Flammen und 5264 Flammenbrennstunden auf 4,44 ₰ gestellt, davon entfallen auf:

| | | |
|---|---|---|
| Amortisation und Verzinsung 7 % . . . . . . . | ℳ | 45.05 |
| Reparatur . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 10.74 |
| Arbeitslohn . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 45.06 |
| Oel (38 g pro Brennstunde) . . . . . . . . . | » | 113.69 |
| Docht und Cylinder . . . . . . . . . . . . . | » | 19.30 |
| | Sa. ℳ | 233.84 |

Demnach pro Flammenbrennstunde $\frac{23384}{5264} = 4{,}44$ ₰.

In die Betriebskosten müsste man noch die Mehrkosten einrechnen, welche durch die häufigere Erneuerung der Kissen und Wandbekleidungen infolge Verspritzen von Oel oder Petroleum entstehen.

Einen einwandfreien Vergleich zwischen den Betriebskosten der beiden hauptsächlich in Betracht kommenden Beleuchtungsarten: Mischgas und Elektricität, aus der Praxis zu geben, ist nicht möglich, da die besonderen Unterlagen, auf welche ein solcher Vergleich zu basiren ist, fehlen. Die Angaben, welche über die Betriebskosten Seitens der Bahnverwaltungen gemacht werden, verstehen sich vielfach ohne Amortisations- und Verzinsungsquote. Vor allem fehlen aber in den meisten Fällen die Angaben über die Ausnutzung der Anlagen, durch welche die Betriebskosten erheblich beeinflusst werden; Aufstellungen über die Zahl der Lampenbrennstunden werden bei grösseren Verwaltungen nicht gemacht. Selbst bei Verwaltungen mit intensivem Betrieb ist die mittlere tägliche Brennstundenzahl jeder installirten Flamme jedoch eine ausserordentlich geringe. So nimmt man schätzungsweise für den Betrieb auf der Preussischen Staatsbahn an, dass diese Zahl im Mittel 4 Stunden pro Tag ist. Andere Verwaltungen mit weniger intensivem Betrieb haben vielleicht drei, zwei Stunden oder noch weniger. Ferner werden die Kosten nicht unwesentlich durch den wechselnden Preis der Rohmaterialien beeinflusst und vielfach sind auch die Helligkeitsangaben sehr verschieden infolge der Ungenauigkeit photometrischer Messungen.

[1]) Bulletin etc. S. 129.

Ueber die Kosten der elektrischen Beleuchtung liegen zwar mehrfach Veröffentlichungen vor, doch beziehen sich diese fast ausschliesslich nur auf die ersten Jahre des Betriebes, wo die Zahl der installirten Wagen eine sehr geringe gewesen ist, und die Einrichtung noch im Versuchsstadium sich befunden hat. Es ist anzunehmen, dass mit der Ausdehnung des Betriebes und mit Einführung von Verbesserungen die Kosten sich nicht unbedeutend erniedrigt haben werden.

Unter Berücksichtigung der jeweilig vorliegenden Verhältnisse wird man jedoch wohl behaupten können, dass Mischgas und elektrisches Licht bei grossen Betrieben in Bezug auf die Betriebskosten sich annähernd gleichstellen. Hingegen erscheint bei Bahnen mit weniger dichtem Verkehr die elektrische Beleuchtung wesentlich vortheilhafter. Es ist dies auch wohl einer der Hauptgründe, dass die letztere bei Privatbahnen, Kleinbahnen etc. bereits vielfach eingeführt ist.

Bei der Gasbeleuchtung kommen natürlich vor allen Dingen die Kosten des Gases selbst in Betracht. Genaue Aufzeichnungen liegen hierfür für die Gasanstalten der Preussischen Staatsbahnen vor, und zwar enthalten die Zahlenangaben eine Amortisation und Verzinsung des Anlagekapitals von 10 %. Der Preis des Kubikmeter reinen Fettgases schwankt von Jahr zu Jahr entsprechend dem Preise der Rohmaterialien und der jeweiligen Ausnutzung der Anstalten.

1 Kubikmeter Fettgas kostete im Etatsjahr 1899 40,61 ₰ im Mittel bei 21 Gasanstalten. Eine Gasanstalt arbeitete mit 25,91 ₰ am billigsten, eine andere mit 97,8 ₰ am theuersten. 14 Gasanstalten haben einen Preis von über 40 ₰, sowie 6 Anstalten einen solchen von über 60 ₰ erreicht. C. Banovits hat über die Kosten des Gases auf anderen Bahnen Angaben gemacht, in welche jedoch leider die Verzinsung und Amortisation der Anlagen nicht einbegriffen sind.

Es stellen sich hiernach die Kosten

| | | | |
|---|---|---|---|
| bei der Kaiser Ferdinand-Nordbahn . . . . | auf | 28,3 | ₰ |
| » » Oesterreichischen Staatsbahn . . . . | » | 37,4 | » |
| » » Ungarischen » . . . . | » | 23,9 | » |
| » » Holländischen Bahn . . . . . . . . | » | 23,6 | » |
| » » Mecklenburg. Friedrich Franz-Bahn . | » | 39,9 | » |
| » » Württembergischen Staatsbahn . . . | » | 41,2 | » |
| » » Oldenburgischen » . . . | » | 58,1 | » |
| » » Warschau-Wiener Bahn . . . . . . | » | 65,6 | » |

Für die Bayerischen Bahnen betragen nach Banovits die Kosten eines Kubikmeter 44,9 ₰ mit Amortisation und Verzinsung.

Bei Verwendung eines Brenners von 27,5 l Gasverbrauch, welcher eine Leuchtkraft von ca. 5 HK entwickelt, stellen sich die Kosten des

Gases pro Flammenstunde bei einem Preise von 40,6 ₰ der Preussischen Staatsbahn auf 1,11 ₰, bei 25,9 ₰ der billigst arbeitenden Gasanstalt auf 0,71 ₰, bei 97,8 ₰, dem höchsten Preise, auf 2,69 ₰, die Kerzenstunde demnach auf 0,22 ₰ bezw. 0,14 ₰ bezw. 0,54 ₰. Hierzu kommen noch die Kosten, welche für Abschreibung und Unterhaltung der gesammten Gaseinrichtungen an den Personenwagen, der Gastransportwagen und der Gasleitungen zu den Füllständern, sowie für die Verzinsung des hierfür aufgewandten Kapitals entstehen. Nach Angabe des Herrn Eisenbahndirektors Bork[1]) betragen diese Kosten pro Kubikmeter verwandtes Gas im Jahre 1898 28,4 ₰. Diese Zahl stellt natürlich nur einen Mittelwerth vor, der in den einzelnen Bezirken des Bahnnetzes erheblich verschieden sein dürfte. Nimmt man jedoch diese Zahl als richtig an, so betragen die Kosten einer 5 HK-Flamme pro Stunde im ganzen $(40{,}6 + 28{,}41) \times 0{,}0275 = 1{,}9$ ₰ bezw. 1,49 ₰, bezw. 3,47 ₰, und demnach eine HK-Stunde 0,38 ₰, bezw. 0,3 ₰. bezw. 0,69 ₰.

Ueber die Kosten eines Kubikmeters Mischgases mit 25 % Acetylen liegen Betriebsangaben bis jetzt nur von Seiten der Preussischen Staatsbahn vor.

Im Etatsjahr 1899 betrugen die mittleren Kosten bei 33 Anstalten 59,31 ₰. Der billigste Gestehungspreis ist dabei 35,18 ₰, der höchste 110 ₰. 20 Anstalten arbeiteten theurer wie 60 ₰ pro cbm.

Unter Benutzung des Werthes von 28,4 ₰ ergibt sich alsdann im Jahre 1899 im Mittel für die Lampenbrennstunde 2,4 ₰ und im günstigsten Falle 1,75 ₰, im ungünstigsten Falle 3,8 ₰.

Die Leuchtkraft einer Flamme mit 27,5 l Gasverbrauch beträgt nach Messung der preussischen Staatsbahn 14 HK. Mithin betragen die Kosten für die Kerzenstunde 0,17 bezw. 0,125 bezw. 0,27 ₰.

Nach den Messungen von Herrn Dr. Edelmann in München[2]) ist die Leuchtkraft einer Flamme mit 25 l Gasverbrauch bei den Bayerischen Staatsbahnen nur 11 HK, so dass sich hier die Kosten der Kerzenstunde höher stellen.

Die Gaseinrichtung eines Wagens mit 5 Flammen kostet rund 700 ℳ. Bei sechs Stunden mittlerer täglicher Brenndauer der Lampen stellen sich die Betriebskosten unter Zugrundelegung eines Gaspreises von 59,3 ₰ wie folgt:

---

[1]) Bork, Anlage und Betrieb von Calcium-Carbid-Fabriken, sowie von Acetylen- und Mischgasanstalten für Beleuchtung der Eisenbahnwagen, Glasers Annalen 1898, S. 226.

[2]) Elektrotechnische Zeitschrift 1900, S. 50.

| | | |
|---|---|---|
| Amortisation und Verzinsung 7 % . . . . | ℳ | 49.— |
| Reparaturkosten . . . . . . . . . . . . | » | 5.— |
| Bedienung . . . . . . . . . . . . . . . | » | 26.— |
| Gasverbrauch 59,3 × 0,0275 × 5 × 6 × 365 = | » | 178.57 |
| | ℳ | 258.57. |

Die Flammenbrennstunde stellt sich demnach auf 2,36 ₰.

Herr Eisenbahndirektor Bork berechnet unter Zugrundelegung der Zahl von 28,4 ₰ für alle Nebenkosten die Kosten einer Lampenbrennstunde auf (59,31 × 28,4) 0,0275 = 2,41 ₰, also mit der berechneten Zahl übereinstimmend, wenn man berücksichtigt, dass bei dem oben erhaltenen Preise von 2,36 ₰ noch kein Betrag für antheilige Abschreibung, Verzinsung und Unterhaltung der Gastransportwagen und der Gasleitungen zu den Füllständern enthalten ist.

Im Etatjahre 1896/97, auf welches sich die Angaben von Bork beziehen, wurden für die Beleuchtung der Wagen und Lokomotiven verbraucht 3 381 000 cbm. Bei 27 ½ l Gasverbrauch für die Lampenbrennstunde ergibt sich die Summe von 123 000 000 Flammenbrennstunden im Jahre. Im gleichen Jahre sind ca. 25 000 Wagen installirt gewesen.[1] Es kommen somit auf den Wagen rund 5000 jährliche Flammenbrennstunden. Bei 6stündiger täglicher Brenndauer im Mittel besitzt demnach jeder Wagen durchschnittlich 2,3 Lampen. Für die Nebenkosten ohne die reinen Gaskosten erhält man für das betreffende Jahr insgesammt 3 381 000 × 0,284 = 960 200 ℳ. Die Installationskosten von 25 000 Wagen à 2,3 Lampen stellen einen Anlagewerth von 7,5 Millionen dar, bei Annahme von 130 ℳ Installationskosten einer Lampe. Der Betrag für Amortisation und Verzinsung von 7 % beläuft sich auf 525 000 ℳ. Es bleibt demnach für Unterhaltung, also Reparaturen und Bedienung, ferner Abschreibung an Gastransportwagen und Gasleitungen 435 000 ℳ d. i. pro Wagen ca. 17,40 ℳ.

Die von Bork angegebene Zahl von 28,4 ₰ führt also zur Annahme einer 6stündigen mittleren Brenndauer und einer mittleren Beleuchtung der Wagen mit 2,3 Flammen.

Nimmt man jedoch an, was der Wirklichkeit wohl näher kommen dürfte, dass die mittlere Flammenzahl eines Wagens 3,5 Flammen und die mittlere Brenndauer 14 : 3,5 = 4 Stunden ist, so ist natürlich die Zahl von 28,4 zu niedrig, da alsdann die Anlagekosten der Wageneinrichtungen 130 × 3,5 × 25 000 = 11 375 000 ℳ betragen würden, für deren Amortisation und Verzinsung 800 000 ℳ zu rechnen

[1] s. Gerdes: Glaser's Annalen 1897, S. 125.

wären. Für Unterhaltung, Bedienung etc. verblieben dann nur 160 000 ℳ oder ca. 6 ℳ pro Wagen.[1])

Setzt man in der oben angeführten Kostenberechnung für die Lampenbrennstunden nur eine 4 stündige tägliche Beleuchtung ein, so erhält man den Betrag von 2,64 ₰ für die Lampenbrennstunde. Es ergibt sich ferner an Stelle des Betrages von 28,4 ₰ für die Nebenkosten der Betrag von 38,5 ₰.

Bei geringerer Ausnutzung der Gasanlage werden natürlich auch die Preise des Gases entsprechend steigen. Nimmt man an, dass der Preis der am theuersten arbeitenden preussischen Gasanstalt für Bahnen mit im Mittel einstündiger täglicher Beleuchtung gilt, so erhält man folgende Betriebskosten:

| | | | | | | | | | pro HK.-Stde. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei | 4 Std. | und | 59,3 ₰ | Gaspreis | 2,64 ₰ | pro | Lampenbrennst. | | 0,19 ₰ |
| » | 3 » | » | 75 » | » | 3,34 » | » | » | | 0,24 » |
| » | 2 » | » | 92 » | » | 4,34 » | » | » | | 0,31 » |
| » | 1 » | » | 110 » | » | 6,43 » | » | » | | 0,46 » |

Es ist bei letzterer Zahl zu berücksichtigen, dass die Produktion der betr. Gasanstalt, welche mit 110 ₰ pro cbm gearbeitet hat, 8900 cbm betrug, welche Produktion bei einstündiger Beleuchtung einer Flammenzahl von rund 900 entspricht, also einem Parke von 250—300 Wagen. Bei geringerer Flammenzahl wird der Gaspreis noch höher sein. —

Für die elektrische Beleuchtung liegen nun leider keine Angaben vor, welche über die Kosten grosser Betriebe Aufschluss geben. Die vorliegenden Veröffentlichungen beziehen sich meist nur auf die ersten Jahre des Betriebes und sind daher in den meisten Fällen als zu hoch zu bezeichnen.[2])

Durch Vereinfachung und Verbesserung des Betriebes, vor allem aber durch Erweiterung desselben werden sich die Kosten mit der Zeit nicht unbedeutend erniedrigt haben. Die Einrichtungskosten eines Wagens mit 5 Flammen von 14 HK bei einem Kraftverbrauche von $2\frac{1}{4}$ Watt pro Kerze stellen sich gegenwärtig wie folgt:

| | |
|---|---|
| Installationskosten pro Lampe ℳ 40.— . . . . . | ℳ 200.— |
| Batterie Type A 55 der Accumulatorenfabrik A.-G. Hagen i.W., ausreichend, um die Beleuchtung während 20 Stunden zu erhalten nebst 10 % Reserve . . . . . . . . . . . . . . . | » 600.— |
| | ℳ 800.— |

[1]) Gerdes gibt in Glasers Annalen 1897, Seite 125, den Werth von 12 000 000 ℳ für die Wageneinrichtung übereinstimmend mit obiger Zahl an. Auch nach dieser Angabe ist also die Bork'sche Zahl zu niedrig.

[2]) s. Dr. Büttner: Ueber elektrische Beleuchtung von Eisenbahnpersonenwagen, Glaser's Annalen 1897, S. 187.

Die Unterhaltungskosten sind:

| | | |
|---|---|---|
| Amortisation und Verzinsung 7 % . . . . . . | ℳ | 56.— |
| Unterhaltung der Batterie . . . . . . . . . . | » | 48.— |
| Glühlampenersatz bei 350 Brennstunden . . . . | » | 13.— |
| Stromkosten bei 70 % Nutzeffekt der Batt. und 4 Stunden täglicher Beleuchtung unter der Annahme, dass der Preis der Kilowattstunde 10 ₰ ist . . . . . . . . . . . . . . . | » | 37.55 |
| Bedienung . . . . . . . . . . . . . . . | » | 20.— |
| | ℳ | 174.55 |

Hiernach berechnet sich die Lampenbrennstunde zu 2,39 ₰. Batterien für eine Brenndauer von 30 Stunden anzunehmen, erscheint für die elektrische Beleuchtung nicht erforderlich, da erstens die Zahl der Brennstunden eine geringere als bei der Gasbeleuchtung ist, infolge des Umstandes, dass das Einschalten der Lampen erst im Falle des wirklichen Bedarfes stattfindet, und dass ferner während der Nacht das Licht zum grössten Theil in den Abtheilen ausgeschaltet wird, während bei Gas nur eine Verminderung des Gasverbrauches durch Kleinstellen der Flammen möglich ist.

Die verhältnissmässig geringe Anzahl von Wagen, welche grössere Brenndauer verlangen, erhält eine Batterie-Einheit mehr eingesetzt, und ist dieser Umstand durch Einsetzen von 10 % Reserve in die Anschaffungskosten in Rechnung gezogen.

Ferner ist zu bemerken, dass sich der Anschaffungspreis der Batterien bei grossem Bedarf voraussichtlich nicht unwesentlich niedriger stellen wird.

Für die Batterien werden auf Wunsch der Verwaltungen seitens der Akkumulatorenfabriken für grössere Betriebe Unterhaltungsverträge eingegangen, nach welchen die Fabrik alle erforderlichen Reparaturen auf ihre Kosten ausführen lässt und dafür eine bestimmte jährliche Vergütung erhält. Diese Vergütung ist je nach dem System des Akkumulators und der Grösse und Art des Betriebes verschieden hoch. Meist beträgt sie zwischen 6 und 12 % der Anschaffungskosten der Batterien. Die Unterhaltungskosten, welche z. B. seitens der Dänischen Staatsbahnen für die Batterien bezahlt werden, betragen ca. 6 % des Anschaffungswerthes der Batterien. Die Kosten des Unterhalts der Batterien sind alsdann fest bestimmt und auf eine Reihe von Jahren gleichmässig vertheilt. Es ist natürlich nothwendig, dass der jährlich zu zahlende Unterhaltungsbetrag so hoch gesetzt ist, dass die Akkumulatorenfabrik keinen Schaden leidet. Es wird deshalb die Bahnverwaltung meist billiger arbeiten, wenn sie die Unterhaltung durch

eigenes Personal bewirkt und die Ersatzmaterialien bezieht. In den meisten Fällen wird sie dies erst dann thun, wenn sie selbst ein klares Bild über die vorkommenden Reparaturen gewonnen hat, also nach mehrjährigem Betrieb.

Der Preis des Stromes ist in der obigen Berechnung mit 10 ₰ für die Kilowattstunde eingesetzt, und wird derselbe bei grossen Anlagen sicher leicht zu erreichen, oft auch geringer sein. Bei kleineren Anlagen wird er sich voraussichtlich höher bis zu 15 ₰, seltener 20 ₰ stellen, dementsprechend werden auch die Betriebskosten höher sein.

Es wird nur bei ganz grossen Anlagen eine eigene Maschinenanlage für die Ladung der Batterien beschafft werden, in den meisten Fällen wird die vorhandene Anlage hierzu benutzt und eventuell entsprechend vergrössert. Diese Anlagen sind für andere Zwecke nothwendig, und ihre Verwendung für die Zwecke der elektrischen Wagenbeleuchtung bedeutet lediglich eine bessere Ausnutzung derselben, zumal die Stromentnahme für die Ladung im wesentlichen während des Tages geschieht. Abgesehen davon, dass hierdurch schon die Betriebskosten für die Kilowattstunde erniedrigt werden, ist es auch zulässig, alsdann in den Kostenpreis die Amortisation und Verzinsung der Maschinenanlage entweder gar nicht oder nur zu geringen Bruchtheilen zu berücksichtigen.

Es wird nun der elektrischen Beleuchtung der Vorwurf gemacht[1]), dass ein Vergleich der Kosten auf Basis der von der Fabrik angegebenen Leuchtkraft der Glühlampen nicht möglich ist, da die Glühlampen in kurzer Zeit in ihrer Leuchtkraft wesentlich zurückgehen. Wie bereits bemerkt, beträgt die Abnahme der Helligkeit der Glühlampen während ihrer Benutzungsdauer meist 20—25 %, und man müsste deshalb, um die Kosten einer Glühlampenbrennstunde mit einer 14 HK-Gasflamme zu vergleichen, eine Glühlampe von 16 HK verwenden. Indess abgesehen davon, dass die Glühlampen anfänglich meist eine etwas höhere Leuchtkraft als angegeben haben, und abgesehen davon, dass die Messung der Helligkeit der Gasflamme oft sehr verschiedene Resultate ergiebt, indem z. B. die Preussische Staatsbahn 14 HK misst bei einem Gasverbrauch von 27,5 l, während die Lampen der Bayerischen Staatsbahn bei einem Gasverbrauch von 25 l nur 11 HK nach den Messungen von Herrn Dr. Edelmann ergeben haben, so ist bei diesen Einwendungen vollständig der Umstand ausser Betracht gelassen, dass die Helligkeit der Gasflamme nur bei tadellosen Brennern vorhanden ist. Dass vielfach die Flammen recht schlecht brennen,

[1]) S. Gerdes, Eisenbahnwaggonbeleuchtung unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung von Acetylen, Glaser's Annalen 1897, S. 123 ff.

weiss Jeder, der gezwungen ist, viel zu reisen. In der Hauptsache rührt das schlechte Brennen vom Verrussen der Brenner her, welches jetzt durch die Beimischung von Acetylen in viel verstärkterem Maasse als früher eintritt, theilweise wird die Helligkeit auch durch das Beschlagen der Glasglocken mit Staub und Russ vermindert. Letzterer Uebelstand ist nicht zu vermeiden, da die Glocken mit der Aussenluft in Verbindung stehen müssen, um die Verbrennungsgase abzuführen. Es liegt deshalb keine Veranlassung vor, für die Glühlampen eine geringere Leuchtkraft in die Berechnung einzusetzen.

Aus der Kostenberechnung erkennt man leicht, welchen grossen Einfluss die Einführung von brauchbaren Glühlampen von 1,5 Watt pro HK durch Verringerung des Anschaffungspreises der Batterien um ca. 30% und durch Verringerung der Stromkosten haben würde. Die Kosten der elektrischen Beleuchtung dürften sich aber auch wohl jetzt schon keineswegs theurer wie die der Gasbeleuchtung stellen.

Aus der nachfolgenden Betriebskostenberechnung der Westfälischen Landeseisenbahn ist zu ersehen, wie hoch sich die Betriebskosten bei einem Betriebe mit wenig Wagen stellen.

Im Jahre 1900 sind 25 Wagen mit 103 Glühlampen von zusammen 886 HK beleuchtet gewesen. Die Brenndauer jeder Lampe beträgt jährlich ca. 500 Stunden.

Die Gesammtkosten der Beleuchtung betragen:

| | | |
|---|---|---|
| Verzinsung und Amortisation 7% . . | ℳ | 420.— |
| Kosten der Kraft, 16 ₰ pro Kilowattstunde | » | 250.— |
| Erneuerung der Glühlampen . . . . . . | » | 102.— |
| Unterhaltung der Batterien . . . . . . | » | 389.— |
| Bedienung u. s. w. . . . . . . . . . . | » | 600.— |
| | ℳ | 1761.— |

Die Kerzenstunde kostet demnach 0,4 ₰.

Der Bedarf dieser Bahn würde einem jährlichen Verbrauch von 880 cbm Gas entsprechen.

Bei der Jura-Simplonbahn stellten sich im Jahre 1897 die Kosten einer HK-Stunde auf 0,4 ₰. Sartiaux gibt die Kosten der 10 HK-Brennstunde bei der französischen Nordbahn zu 3,25 cts. = 2,6 ₰ an.

Die Reichspost, welche besonders mit hohen Stromkosten zu rechnen hat, da sie keine eigenen Kraftanlagen besitzt und den Strom theilweise zu einem Preise von 16 bis 35 ₰ pro Kilowattstunde kaufen muss, berechnet die Kosten der 12 NK-Lampenbrennstunde im Mittel zu

3,25 ₰.[1]) Leider liegen seitens der Dänischen Staatsbahnen neuere Kostenangaben nicht vor. Im Jahre 1894 wurde von Herrn Maschineninspektor Bruun eine Betriebskostenberechnung veröffentlicht[2]), in welcher sich die NK-Stunde auf 0,65 ₰ stellte. Hierbei war jedoch wegen mangelnder Erfahrung über die Haltbarkeit der Batterien 30% für Amortisation, Verzinsung und Unterhaltung der Batterien vorgesehen bei einem Energieverbrauch der Glühlampen von 3,5 Watt und einem Preise von 25 ₰ pro Kilowattstunde. Nachdem sich jedoch mit der Zeit herausgestellt hat, dass die Unterhaltungskosten ganz wesentlich geringer sind, und die Akkumulatorenfabrik sich erboten hat, die Batterien gegen einen jährlich zu zahlenden Betrag zu unterhalten, der ca. 6% des Anschaffungswerthes ausmacht, ferner Glühlampen von 3 Watt Kraftverbrauch in Benutzung sind, würden sich die Kosten bei Zugrundelegung der damaligen Berechnung, jedoch mit einem Satze von 10% für Amortisation und Verzinsung der Anlage auf höchstens 0,43 ₰ stellen. Die mittlere tägliche Brenndauer wird auf $1^1/_2$ Stunden geschätzt.

Ueber die Kosten der Maschinenbeleuchtung liegen trotz der grossen Ausbreitung des Systems Stone irgend welche Zahlen aus der Praxis nicht vor.

Direktor H. Massenbach[3]) berechnet die Betriebskosten des Systems Vicarino wie folgt:

Nimmt man einen Verbrauch von 2 kg Kohlen zu 1,8 ₰ für die PS-Stunde = 600 Wattstunden an, so kostet eine Brennstunde der 12kerzigen Dreiwattlampe 0,22 ₰. Dazu kommt der Lampenersatz mit 0,1 ₰ und die übrigen kleinen Kosten, welche höchstens auch auf 0,1 ₰ pro Lampenstunde zu schätzen sind, insgesammt 0,42 ₰ an direkten Betriebskosten.

Die vollständige elektrische Ausrüstung eines zweiachsigen Wagens ist hoch gerechnet auf 2000 ℳ zu veranschlagen. Rechnet man 16% für Unterhaltung, Amortisation und Verzinsung, so trifft bei 10 Lampen mit 2400 jährlichen Brennstunden auf die Lampenstunde 1,33 ₰. Im ganzen betragen also die Kosten der Lampenstunde 1,75 ₰, welcher Satz sich für grössere Wagen noch etwas vermindert. —

Selbst wenn sich die Kosten des elektrischen Betriebes wirklich höher stellen würden, als die Gasbeleuchtung, so würde dieser Um-

[1]) S. Archiv für Post und Telegraphie 1898, Heft 1.
[2]) Elektrotechn. Zeitschrift 1894, S. 425.
[3]) Elektrotechn. Zeitschrift 1900, S. 50.

stand die Ausbreitung der elektrischen Beleuchtung sicher nicht hindern. Die vielen Vortheile der elektrischen Beleuchtung werden immer die Bahnen veranlassen, dieses Beleuchtungssystem einzuführen. Der hauptsächlichste Hinderungsgrund der Einführung ist, wie bereits bemerkt, die grosse Ausdehnung, welche die Gasbeleuchtung genommen hat, ehe die elektrische Beleuchtung mit der letzteren in ernstliche Konkurrenz treten konnte. Doch auch bei den Bahnen, welche die Gasbeleuchtung vollständig durchgeführt haben, wird allmählich die elektrische Beleuchtung wenigstens für bestimmte Gattungen von Zügen früher oder später zweifellos durchgeführt werden.

# Register.



